

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
FAKULTET PROMETNIH ZNANOSTI

Luka Ostrički

PRIMJENA MODELA NAPLATE CESTARINE POMOĆU
LOKACIJE KORISNIKA

DIPLOMSKI RAD

Zagreb, 2018.

Zagreb, 8. svibnja 2017.

Zavod: **Zavod za inteligentne transportne sustave**
Predmet: **Lokacijski i navigacijski sustavi**

DIPLOMSKI ZADATAK br. 4402

Pristupnik: **Luka Ostrički (0135226301)**
Studij: **Promet**
Smjer: **Informacijsko-komunikacijski promet**

Zadatak: Primjena modela naplate cestarine pomoću lokacije korisnika

Opis zadatka:

Navesti usluge temeljene na lokaciji korisnika i opisati potrebne zahtjeve za njihovu implementaciju i funkcioniranje. Objasniti princip rada sustava za satelitsku navigaciju koji osiguravaju korisniku određivanje ispravne lokacije s dovoljnom razinom točnosti. Opisati postupak dobivanja informacije o približnoj lokaciji korisnika pomoću infrastrukture mobilnih mreža novijih generacija. Analizirati postojeće sustave naplate cestarina elektroničkim putem. Navesti i opisati komunikacijske protokole koji osiguravaju brzu i pouzdanu komunikaciju putem mobilnih mreža u cilju automatske naplate usluga. Načiniti simulaciju sustava automatske naplate cestarine temeljene na poznavanju lokacije korisnika pri ulazu i izlasku s ceste na kojoj se provodi naplata cestarine.

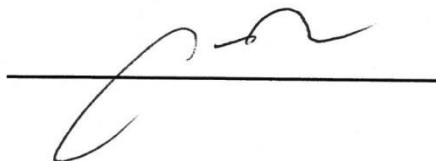
Zadatak uručen pristupniku: 23. svibnja 2017.

Mentor:



doc. dr. sc. Mario Muštra

Predsjednik povjerenstva za
diplomski ispit:



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti

DIPLOMSKI RAD

PRIMJENA MODELA NAPLATE CESTARINE POMOĆU
LOKACIJE KORISNIKA

APPLICATION OF ROAD TOLL MODEL USING USER'S
LOCATION

Mentor: doc. dr. sc. Mario Muštra

Student: Luka Ostrički, 0135226301

Zagreb, ožujak 2018.

PRIMJENA MODELA NAPLATE CESTARINE POMOĆU LOKACIJE KORISNIKA

SAŽETAK

Prometna vozila učestalo preopterećuju prometnice diljem svijeta te se stoga zahtjeva ulaganje u njihovo održavanje i infrastrukturu. Naplata cestarine pomoću lokacije korisnika omogućuje kombinaciju satelitskog određivanja položaja i tehnologiju mobilne mreže. Ovakav sustav ne ometa odvijanje prometa tijekom naplate cestarine jer ne zahtijeva ograničavanje brzine kao niti zadržavanje vozila. Cilj istraživanja je unaprijediti sustav naplate cestarine kako bi se omogućio brži protok vozila i manje preopterećenje prometnica. U tu svrhu prikazati će se i model naplate cestarine koji ukazuje na koji način funkcionira sam sustav naplate.

Ključne riječi: LBS, cestarina, naplata, ENC, GPS

SUMMARY

Traffic vehicles tend to overload traffic connections around the world and therefore require investment in their maintenance and infrastructure. Combination of satellite positioning and mobile network technology allows toll collection using users' location. This system does not interfere with traffic during the quarterly charging since it does not require speed limitation or retention of the vehicle. The aim of the research is to improve the toll collection system to allow a faster flow of vehicles and smaller overburdening roads. For this purpose, a toll billing template will also be displayed, indicating how the billing system itself works.

Keywords: LBS, toll, collection, ENC, GPS

SADRŽAJ

SAŽETAK.....	IV
SUMMARY	IV
1. UVOD	1
2. TELEKOMUNIKACIJSKI SUSTAVI I USLUGE TEMELJENE NA LOKACIJI KORISNIKA	2
2.1. Općenito o telekomunikacijskim sustavima	2
2.1.1. Telegrafija	2
2.1.2. Telefonija.....	3
2.1.3. Radiokomunikacije.....	3
2.1.4. Prijenos podataka	3
2.2 Inteligentni transportni sustavi (ITS)	4
2.3. Karakteristike usluga temeljenih na lokaciji korisnika	5
2.4. Klasifikacija LBS usluga	5
2.5. Komponente LBS sustava.....	6
2.6. Generacije mobilnih mreža	8
2.6.1. Druga generacija mobilnih mreža	8
2.6.2. Treća generacija mobilnih mreža	10
2.6.3. Četvrta generacija mobilnih mreža.....	10
2.7. LBS aplikacije.....	13
2.7.1. Navigacija.....	14
2.7.2. Usluge praćenja	15
2.7.3. Informacije na zahtjev	15
2.7.4. Hitni slučajevi.....	15
2.7.5. Usluga naplate	16
2.7.6. Oglašavanje	17
2.7.7. Proširena stvarnost	17
2.8. LBS standardi.....	17
2.8.1. Open Mobile Alliance	18
2.8.2. Open Geospatial Consortium	18
2.9. Poslovni koncept LBS usluga	18
2.10. Lanac vrijednosti LBS usluga	19
2.11. Zahtjevi lokacijskih usluga	20
2.11.1. Funkcionalni zahtjevi	20
2.11.2. Zahtjevi upotrebljivosti	21
2.11.3. Zahtjevi pouzdanosti	22
2.11.4. Zahtjevi lokacijske infrastrukture.....	22
2.11.5. Zahtjevi privatnosti.....	23

3. METODE ODREĐIVANJA LOKACIJE KORISNIKA.....	25
3.1. Karakteristike lokacijskih tehnologija	25
3.2. Pozicioniranje zasnovano na mobilnom uređaju	26
3.2.1. GPS (Global Positioning System)	26
3.2.2. FLT (<i>Forward Link Trilateration</i>)	27
3.2.3. OTDOA (<i>Observed Time Difference of arrival</i>) i EOTD (<i>Enhanced Observed Time Difference</i>)	27
3.3. Pozicioniranje zasnovano na mobilnoj mreži	28
3.3.1. Cell ID	28
3.3.2. TOA (<i>Time of Arrival</i>)	29
3.3.3. TDOA (<i>Time Difference of Arrival</i>).....	29
3.3.4. AOA (<i>Angle of Arrival</i>).....	29
3.3.5. Analiza uzoraka	30
3.4. Relativno pozicioniranje	30
3.5. Pozicioniranje zasnovano na hibridnom pristupu	31
3.6. Pozicioniranje u zatvorenom prostoru	32
4. SUSTAVI NAPLATE CESTARINE.....	33
4.1. Postojeća tehnologija	33
4.2. Sustavi izravne naplate cestarine	34
4.2.1. Ručni sustav naplate cestarine.....	35
4.2.2. Elektronički sustav naplate cestarina	36
4.3. Sustavi neizravne naplate cestarine.....	37
4.3.1. Sustav naplate vinjetama	37
4.3.2. Sustav naplate kroz cijenu goriva.....	39
4.4. Daljnji razvoj sustava za naplatu cestarine	39
5. KOMUNIKACIJSKI I SIGURNOSNI PROTOKOLI	41
5.1. TCP i UDP protokoli.....	41
5.1.1. UDP protokol	41
5.1.2. TCP protokol	42
5.2. Sigurnosni protokoli.....	43
5.2.1. Zaštita kartičnih podataka	45
5.2.2. Modeli zaštite sustava	45
6. MODEL NAPLATE CESTARINE POMOĆU LOKACIJE KORISNIKA	47
6.1. Prijedlog modela sustava naplate cestarine pomoću lokacije korisnika	48
6.2. Matematički operatori korišteni tijekom izrade simulacije.....	50
6.3. Simulacija naplatne postaje u Simulinku	53

7. ZAKLJUČAK	58
LITERATURA.....	59
POPIS SLIKA	61
POPIS TABLICA.....	62
POPIS KRATICA	63

1. UVOD

Razvoj mreža mobilnih komunikacija i mobilnih terminalnih uređaja, kao i tehnologija pozicioniranja omogućili su razvoj servisa i usluga zasnovanih na lokaciji korisnika koje bi mogle postati nositelji budućeg razvoja mobilnog poslovanja. Lokacijske tehnologije mobilnih komunikacija zasnivaju se na principu mjerenja signala korisničkog mobilnog terminalnog uređaja i izračuna lokacije temeljem mjerenih rezultata. Mogućnost određivanja točne pozicije mobilnog terminalnog uređaja iniciralo je razvoj lokacijskih servisa.

Razlog odabira teme je zainteresiranost za područje primjene usluga temeljenih na lokaciji korisnika kao i istraživanje budućih tehnologija koje bi se mogle koristiti tijekom naplate cestarina. Ovakva usluga bi smanjila vrijeme čekanja na naplatnim postajama te bi ubrzala naplatu.

Cilj ovog rada je prikazati model naplate cestarine uporabom usluga temeljenih na lokaciji korisnika i mogućnosti vremenske uštede automatizacijom naplate bez potrebe za fizičkim zaustavljanjem vozila i posjedovanjem posebnih uređaja koje nudi operatori autocesta. U radu su navedene usluge temeljene na lokaciji korisnika i potrebni zahtjevi za njihovu implementaciju. Prikazane su karakteristike usluga temeljenih na lokaciji korisnika, predložena je njihova arhitektura, komponente i klasifikacija. Opisani su standardi koji se odnose na primjenu lokacijskih usluga te su opisane aplikacije koje koriste uslugu temeljenu na lokaciji korisnika kao i potrebni zahtjevi za njenu implementaciju. Opisane su metode određivanja lokacije korisnika i sustavi naplate cestarine. Ujedno su opisani i komunikacijski i sigurnosni protokoli potrebni za ostvarenje naplate cestarine na navedeni način. Nakon razrade teoretskog dijela prikazan je simulacijski model podvorbenog sustava za naplatu cestarine koji koristi stvarne parametre i realiziran je uz pomoć programskog alata *Simulink*. Na kraju rada su izneseni zaključci na temelju prethodno razrađene tematike.

2. TELEKOMUNIKACIJSKI SUSTAVI I USLUGE TEMELJENE NA LOKACIJI KORISNIKA

2.1. Općenito o telekomunikacijskim sustavima

Pojam telekomunikacija predstavlja razmjenu informacija korištenjem fizikalnih svojstava elektromagnetizma, a dolazi od grčke riječi *tele*, što znači daleko i od latinske riječi *communicatio* što znači promet odnosno veza. Na kraju 20. stoljeća razvoj telekomunikacija se uglavnom temelji na razvoju mobilne telekomunikacijske mreže i povećanom korištenju telekomunikacijske mreže za prijenos svih vrsta podataka. Glavna podjela telekomunikacijskih sustava je prema obliku informacije i prema fizikalnoj osnovi prijenosa. Shodno tome, razlikuju se četiri osnovna sustava, a to su: telegrafija, telefonija, radiokomunikacije i prijenos podataka. Unutar svakog sustava razlikuju se javni sustavi i funkcionalni sustavi (mreže). Glavna značajka javnih telekomunikacijskih sustava je to da se korisnici nazivaju pretplatnici jer svoja prava da koriste javni sustav ostvaruju plaćanjem mjesečne naknade. Korištenjem javnog sustava omogućeno im je da u javnom sustavu uspostavljaju veze te prenose ili primaju informacije.

Sustavi koji se koriste u privatnom ili državnom vlasništvu, a nisu za javnu upotrebu nazivaju se funkcionalni telekomunikacijski sustavi. Pružaju telekomunikacijske usluge za članove zatvorenih korisničkih skupina i samo za vlastite potrebe pravnih i fizičkih osoba i ne obuhvaćaju pružanje telekomunikacija javnosti.

2.1.1. Telegrafija

Telegrafija predstavlja telekomunikacijski sustav kojem je glavna funkcija razmjena pisanog teksta između udaljenih subjekata. Predstavlja najjednostavniji i povijesno prvi način komuniciranja elektroničkim putem. Najstarija mreža na svijetu je telegrafska mreža koja se sastoji od određenog broja automatskih centrala koje su međusobno povezane prijenosnim sustavima.

2.1.2. Telefonija

Telefonija predstavlja telekomunikacijski sustav koji omogućuje razgovor udaljenih osoba. Sustav se sastoji od krajnjih uređaja, tj. telefonskih aparata, telefonskih vodova, telefonskih centrala i prijenosnih sustava koji međusobno povezuju telefonske centrale. Telefonski aparat je uređaj kojim se počinje ostvarivati veza i u njemu se odvija pretvaranje zvučnog tlaka govora u električni govorni signal koji se prenosi do pozvanog pretplatnika. Telefonija i danas predstavlja najmasovniji oblik komunikacija. Daljnjim razvojem telefonije zamjenjuju se klasični analogni sustavi s digitalnim komutacijskim i prijenosnim sustavima. Time je došlo do razvoja terminala kojima se izmjenjuju govor, tekst, slike i podatci između pretplatnika i sudionika.

2.1.3. Radiokomunikacije

Radiokomunikacijama se nazivaju sustavi u kojima se razmjena informacija ostvaruje korištenjem elektromagnetskih valova. Uređaji koji primaju i emitiraju elektromagnetske valove se nazivaju radiouređaji. Radiokomunikacijski sustavi se dijele prema smjeru prijenosa informacija na jednosmjerne i dvosmjerne. Jednosmjerne radiokomunikacije su one u kojima jedna postaja emitira program velikom broju prijemnika. Najčešće se koristi za prijenos radijskog i televizijskog programa. Dvosmjerne radiokomunikacije su one u kojima se razmjenjuju informacije između radijskih postaja. Kod funkcionalnih radiokomunikacija se najčešće radi o prijenosu govora, a takve se mreže nazivaju radiofonske mreže. Mreža javne mobilne telefonije je sustav u kojem telefonski pretplatnici umjesto fiksnog spojnog voda koriste radiovezu kao spojni put do automatske telefonske centrale. U današnje vrijeme su analogni sustavi zamijenjeni digitalnim sustavnima.

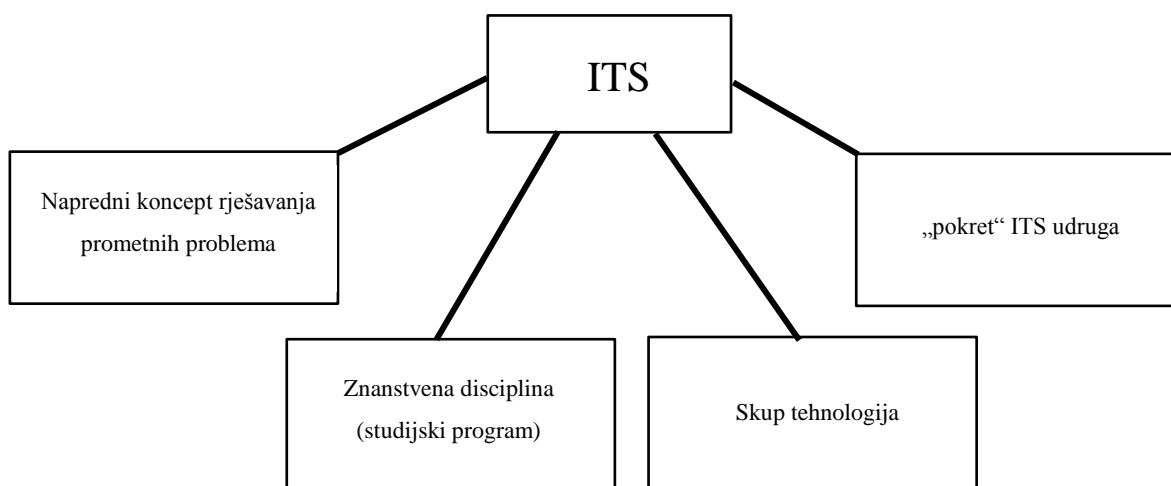
2.1.4. Prijenos podataka

Telekomunikacijski sustav koji omogućuje razmjenu informacija u obliku podataka naziva se sustav za prijenos podataka. Najveći predstavnik ovog tipa prijenosa podataka je Internet koji omogućuje komunikaciju između velikog broja pod mreža koje koriste zajedničku adresnu strukturu temeljenu na jedinstvenom TCP/IP skupu protokola.

2.2 Inteligentni transportni sustavi (ITS)

Zagušenost prometnica i povećanje zahtjeva za transportiranjem je krajem 20. stoljeća potaknulo razvoj novih pristupa i načina rješavanja problema mobilnosti i organiziranosti prometa. Inteligentni transportni sustavi (ITS) omogućuju transparentnost informacija, bolje upravljanje te poboljšan odziv prometnog sustava. Ovakav sustav daje sposobnost djelovanja u promjenjivoj okolini pri čemu je potrebno prikupiti dovoljno podataka i obraditi ih u realnom vremenu. ITS se može definirati i kao upravljačka, holistička i informacijsko komunikacijska nadgradnja klasičnog sustava prometa i transporta. Pomoću ITS-a se postiže poboljšanje karakteristika, poboljšano odvijanje prometa, učinkovitiji transport putnika i roba, povećanje sigurnosti u prometu i manje onečišćenja okoliša. U okviru ITS-a razvijaju se [1]:

- inteligentna vozila i prometnice
- dinamički navigacijski sustavi i plaćanje cestarine
- sustavi semaforiziranih raskrižja
- učinkovitiji javni prijevoz
- brza distribucija pošiljaka podržana Internetom
- automatsko javljanje i pozicioniranje vozila u nesreći
- biometrijski sustavi zaštite putnika.



Slika 1. Temeljna značenja termina ITS [1]

2.3. Karakteristike usluga temeljenih na lokaciji korisnika

Usluge temeljene na lokaciji korisnika LBS (*Location Based Services*) se definiraju kao informacijske usluge dostupne putem mobilnog uređaja spojenog na mobilnu komunikacijsku mrežu. Takve usluge integriraju lokaciju mobilnog uređaja s ostalim informacijama kako bi se dodatno povećala kvaliteta usluge i dostupnost informacija. Najvažniji zadatak LBS-a je određivanje položaja korisnika, odnosno mobilnog uređaja. [2]

Početkom 1970-tih godina počeo se koristiti GPS (*Global Position System*) koji služi za pozicioniranje ljudi i objekata. Već 1980-tih godina se korištenje GPS-a proširilo i postalo dostupno diljem svijeta. U današnje vrijeme se GPS koristi kako bi se unaprijedili proizvodi i usluge, a jedan od najboljih primjera je automobilska industrija koja integrira navigacijske sustave u automobile. Povećani interes na tržištu podatkovnih usluga potaknut od strane davatelja mrežnih usluga doveo je do širokog zanimanja za LBS usluge. Mrežni operateri su počeli nuditi podatkovne usluge koje imaju i lokacijske usluge. [2]

LBS usluge se povezuju s aplikacijama koje integriraju geografski položaj s drugim informacijama, a praćenje i pozicioniranje predstavlja važnu funkciju za mnoga područja poput aeronautike, avijacije i robotike. Time je omogućena komunikacija korisnika dok je u pokretu. Infrastruktura mobilnih terminalnih uređaja, kao što su svi današnji mobilni uređaji, se pokazala kao najpogodnija platforma u funkciji primjene LBS-a. Takva infrastruktura se može instalirati na mnoge postojeće arhitekture mrežnih sustava čime se omogućava komunikacija između raznih subjekata. [3]

2.4. Klasifikacija LBS usluga

Usluge temeljene na lokaciji (LBS) se dijele na [2]:

- osobi orijentirane usluge (*person oriented*)
- uređaju orijentirane usluge (*device oriented*).

Glavna ideja **osobi orijentiranih usluga** je u tome da se odredi položaj osobe ili da se iskoristi njezin položaj kako bi se poboljšala neka usluga. Kontrolu nad uslugom ima locirana osoba. [2]

Kod **uređaju orijentirane usluge**, objekt ili osoba koji je lociran nemaju kontrolu nad uslugom. Ova vrsta usluge može ali i ne mora biti koncentrirana na položaj korisnika. Primjer ovakve usluge je aplikacija za praćenje automobila u slučaju krađe. [2]

Postoje dvije metode pristupa koje se koriste kako bi se pristupilo gornjim uslugama a to su [2]:

- *push* (nametnute) usluge
- *pull* (zatražene) usluge.

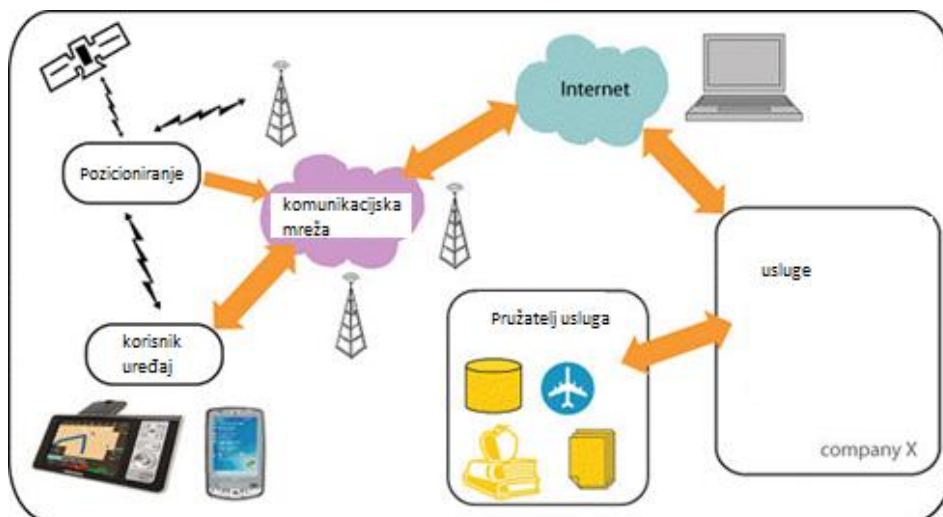
Push usluge su usluge kod kojih je informacija poslana korisniku bez da je aktivno zatražio takvu informaciju. Takva usluga se može aktivirati korisnicima u obliku marketinške poruke kada ulaze u područje nekog trgovačkog centra. **Pull usluge** su pokrenute od strane korisnika tijekom njegovog ulaska u neko određeno područje. Primjer takve usluge je pronalazak lokacije najbližeg restorana ili neke turističke znamenitosti s obzirom na trenutnu lokaciju korisnika. [2]

2.5. Komponente LBS sustava

Usluge temeljene na lokaciji korisnika zahtijevaju sljedeće komponente kako bi mogle ispravno raditi [4]:

- navigacijski sustav
- komunikacijska mreža
- davatelj usluga i aplikacija
- davatelj podataka i sadržaja
- mobilni uređaj
- krajnji korisnik.

Na slici 2 su shematski prikazane komponente LBS usluga.



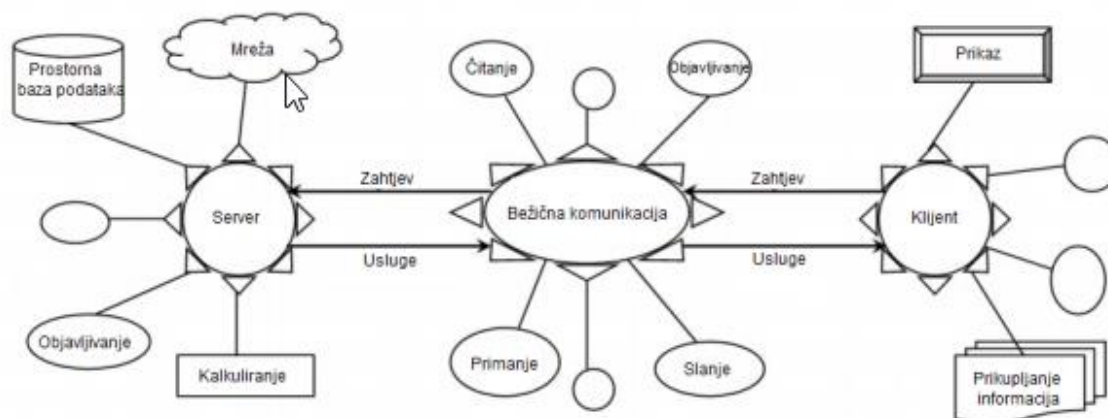
Slika 2. Komponente usluga temeljenih na lokaciji korisnika (LBS) [5]

Navigacijski sustav omogućuje pozicioniranje mobilnog uređaja uz pomoć satelitskih sustava neovisno o tome je li riječ o otvorenom ili zatvorenom prostoru. Postoji nekoliko mogućih tehnologija koje omogućuju bežični pristup Internetu kao što su Cell-ID (identifikacijski broj bazne stanice), RFID (*Radio Frequency Identification*), Bluetooth, WiMax (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*) i bežična lokalna mreža WLAN (*Wireless Local Area Network*). [4]

Komunikacijska mreža predstavlja bežičnu mrežu koja omogućuje prijenos podataka i zahtjeva između korisnika i davatelja usluga. U današnje vrijeme se najčešće koristi 3G i 4G mreža. Davatelj usluga i aplikacija pruža različite usluge i aplikacije korisniku te obrađuje korisničke zahtjeve za uslugom. Kao primjer se može navesti pružanje podataka o lokaciji korisnika i pronalazak najbolje rute za putovanje. [4]

Davatelji podataka i sadržaja su odgovorni za prikupljanje i pohranu lokacijskih informacija. Davatelji usluga ne pohranjuju i ne održavaju sve pohranjene informacije te se zbog toga prostorne baze podataka i lokacijske informacije potražuju od kompanija koje su zadužene za njihovo održavanje. [4]

Mobilni uređaj je svaki uređaj koji ima mogućnost korištenja prethodno navedenih komponenti usluga temeljenih na lokaciji korisnika. Primjerice, pametni telefoni (*smartphonei*), tableti, prijenosna računala i osnovni navigacijski uređaji. Krajnji korisnik je osoba koja koristi mobilni uređaj kako bi preko komunikacijske mreže dobio tražene informacije dodatne vrijednosti. [4]



Slika 3. Arhitektura klijent korisnik server [7]

Na slici 3 su prikazane funkcije klijenta, servera i bežične mreže kao što su:

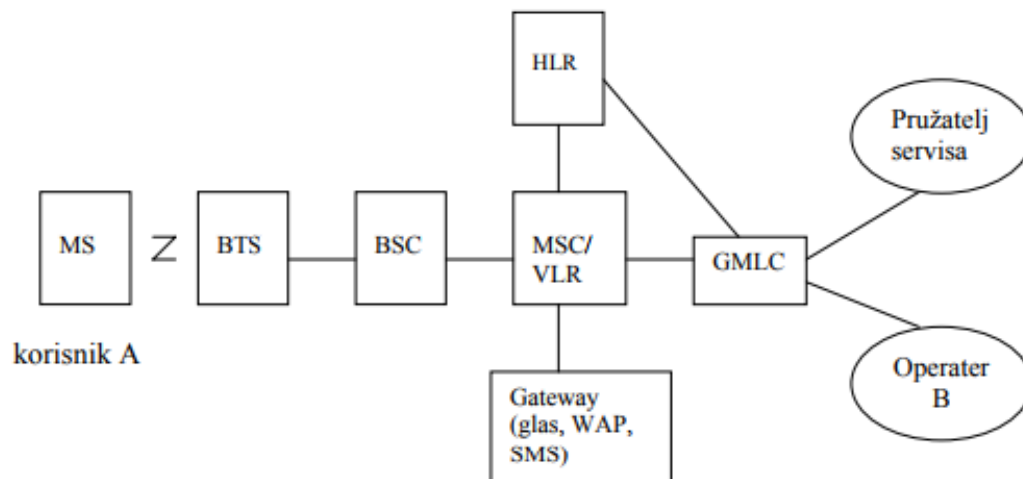
- prikupljanje informacija, prikaz informacija, pohranjivanje informacija
- bežično spajanje, kalkuliranje, korištenje multimedijских sadržaja
- korištenje poslovne logike, davanje multimedijского sadržaja, uloga baze podataka
- umrežavanje, primanje informacija, slanje informacija, čitanje informacija, enkripcija, informacijska sigurnost.

2.6. Generacije mobilnih mreža

2.6.1. Druga generacija mobilnih mreža

Nakon kraja prve generacije mobilnih mreža koje su bile analogne i koristile višestruki pristup frekvencijske podjele, počela je implementacija mreža druge generacije. Nju karakterizira digitalni pristup i višestruki pristup vremenske podjele (*Time Division Multiple Access – TDMA*). GSM (*Global System for Mobile communication*) se zasniva na dva standarda:

- GSM900
- DSC1800.



Slika 4. Arhitektura mobilne mreže druge generacije [9]

GSM sustav se sastoji od tri podsustava [9]:

- radio sustav (*Radio Subsystem – RSS*)
- mrežni i komutacijski podsustav (*Network and Switching Subsystem – NSS*)
- operativni podsustav (*Operating Subsystem – OSS*).

Radijski podsustav se sastoji od mobilne stanice (MS) koja se nalazi kod korisnika A, bazne stanice BTS koja komunicira putem elektromagnetskih valova s mobilnom stanicom te s kontrolerom baznih stanica BSC. Mrežni i komutacijski podsustav sačinjavaju komutacijska centrala MSC i za potrebe lokacijskih servisa dva dijela mrežnog podsustava, a to su:

- baza podataka domaćih korisnika HLR (*Home Location Register*)
- baza podataka gostujućih korisnika VLR (*Visitor Location Register*).

VLR predstavlja bazu podataka koja se koristi za upravljanje pokretljivošću mobilnim pretplatnicima a sadrže lokacijsku informaciju. S obzirom na to kako je jedan od osnovnih principa mobilnih mreža ćelijska struktura, operatori moraju imati jednostavan sustav lociranja pretplatnika. Identifikacija ćelije (*Cell ID*) je prihvaćena prva, ali je najmanje precizan standard lokacijske tehnologije. 2003. godine je nadograđen postojeći sustav s GMLC (*Gateway Mobile Location Centre*) koji omogućuje mobilnom operateru standardizirani pristup do podataka o lokaciji korisnika. [9]

2.6.2. Treća generacija mobilnih mreža

S obzirom na to kako je GSM dosegao tehnički maksimum tehnologije u pogledu brzine i količine protoka podataka, te samim time postao zapreka daljnjem razvoju aplikacija koje zahtijeva prijenos veće količine podataka, razvijen je novi standard, odnosno treća generacija mobilne tehnologije UMTS (*Universal Mobile Telecommunications System*). UMTS predstavlja opći pokretni telekomunikacijski sustav koji koristi širokopojasni višestruki pristup u kodnoj podjeli WDCMA (*Wideband Code Division Multiple Access*). Mrežna osnova je evoluirana GSM mreža, dok je pristupna mreža potpuno nova. Time postoje dvije neovisne pristupne mreže, a samo jednu mrežnu osnovu koja pruža usluge korisnicima obiju pristupnih mreža. Obilježja UMTS-a su [9]:

- prijenos govora, podataka i multimedije visokom brzinom do 144 kbit/s u svim uvjetima
- brzina do 384 kbit/s na otvorenom prostoru
- brzina do 2 Mbit/s u zatvorenom prostoru
- kanalska i paketska komutacija
- simetrični i asimetrični prijenos
- kvaliteta govora usporediva s onom u fiksnoj mreži
- koegzistencija s 2. generacijom.

2.6.3. Četvrta generacija mobilnih mreža

Jedan od razloga prelaska na četvrtu generaciju je uspostavljanje globalnog sustava koji karakteriziraju velike brzine prijenosa podataka, globalni roaming i mnogobrojne usluge s različitom kvalitetom usluge. Moguće je ostvariti brzinu prijenosa između 20 Mbit/s i 100 Mbit/s te upravo zahvaljujući tako velikim brzinama protoka podataka putem mobilnog terminala moguće je paralelno korištenje nekoliko aplikacija. 4G mreže omogućuju velike brzine prijenosa podataka, lociranje pomoću EOTD-a ali nisu presudne za komunikaciju.

Mobilna mreža četvrte generacije je LTE koja predstavlja napredniji korak u tehnologiji pokretne mreže. Nudi velike brzine prijenosa podataka i svrstava se u inteligentne mreže. U današnje vrijeme koriste se aplikacije koje zahtijevaju veće brzine prijenosa podataka. Osim velike brzine, zahtijeva se i kvaliteta, sigurnost i što jeftiniji promet podatcima. Značajnija inovacija je prelazak na arhitekturu koja je u potpunosti bazirana na protokol IP. Želi se postići da se komutacija kanala ne koristi u mreži nego se cjelokupna mreža bazira na

komutaciji paketa. Brzine koje se postižu u LTE mreži su oko 100 Mbit/s u silaznoj vezi i 50 Mbit/s u uzlaznoj vezi. [10]

Evoluirani paketski paket EPS (*Evolved Packet System*) sadrži LTE i SAE (*System Architecture Evolution*). EPS se sastoji od pristupnog i jezgrenog dijela mreže pri čemu LTE predstavlja pristupni a SAE jezgreni dio mreže. Razlika u odnosu na prošle generacije je uvođenje ravne arhitekture čija je osnovna značajka da se jezgrena i pristupna mreža sastoje od jednog čvora iz razloga što mreža ima kraći odziv što ima manje elemenata u svojoj strukturi. [10]

Pristupni dio mreže se još naziva i evoluirana UMTS zemaljska radijska pristupna mreža E-UTRAN (*Evolved UMTS Terrestrial Access Network*). Struktura je bazirana na OFDM tehnologiju.

Frekvencijski multipleks ortogonalnih podnosilaca je jedna od ključnih tehnologija 4G mreže. Omogućuje ekonomičnu osnovu za šire frekvencijske pojaseve koji osiguravaju velike brzine prijenosa. Jedna od bitnih razlika u odnosu na 3G mrežu je u širini frekvencijskog pojasa koja je kod 3G mreže fiksna i iznosi 5 MHz, dok je u LTE mreži fleksibilna. Tok podataka ostaje isti, jer je brzina ista, ali su podaci distribuirani po kanalu pa je trajanje bita produljeno. Zato je potrebno imati buffer. [10]

Sučelje X2 je definirano između eNodeB-ova te je glavna uloga smanjenje gubitaka paketa zbog pokretljivosti korisnika. Radi na principu da povezuje eNodeB s nekim od njegovih susjednih eNodeB-ova kako bi međusobno izmjenjivali signalizacijske poruke.

E-UTRAN je odgovoran za sve funkcije radijske mreže, a te funkcije se nalaze u eNodeB-ovima zbog ravne arhitekture. Neke od zadaća su eNodeB-a su [10]:

- kontrola radio pristupa
- kontrola pokretljivosti
- upravljanje retransmisijom
- usmjeravanje korisničkih podataka
- kompresija zaglavlja IP paketa
- zaštita korisničke i kontrolne razine šifriranjem.

Jezgreni dio mreže se još naziva i EPC (*Evolved Packet Core*). Funkcija je osiguravanje pristupa prema ostalim podatkovnim mrežama kao što je Internet koji upravlja sigurnosnim

funkcijama, prati pretplatničke informacije i naplatu te kontrolira pokretljivost prema drugim pristupnim mrežama. Sadrži se od tri glavna logička čvora. U kontrolnoj ravnini CP (*Control Plane*) se nalazi entitet upravljanja pokretljivošću MME (*Mobility Management Entity*), dok se u korisničkoj ravnini UP (*User Plane*) nalaze uslužni prilazni čvor S-GW (*Serving Gateway*) i paketski mrežni prilazni čvor PDN-GW (*Packet Data Network Gateway*). U jezgrenom dijelu mreže se nalaze još dva logička čvora, a to su čvor za upravljanje resursima i terećenjem PCRF (*Policy Charging and Rules Function*) i poslužitelj domaćih pretplatnika HSS (*Home Subscriber Server*). [10]

2.6.3.1. Silazna veza

Sustav četvrte generacije mobilnih mreža koristi OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*). Brzina koju je moguće ostvariti je i preko 300 Mbit/s. Upotreba ovakve modulacijske tehnike predstavlja problem za pojačala snage u baznim stanicama zbog velikog omjera vršne i srednje vrijednosti signala. Rješenje ovakvog problema su bazne stanice male snage s malom zonom pokrivanja. Neke od karakteristika ove mreže su:

- širina opsega: 101,5 MHz
- broj podnosilaca: 768
- faktor širenja: 768
- tip višestrukog pristupa: VSF-OFDM,
- razmak između podnosilaca: 131,84 kHz
- modulacija: QPSK, 16-QAM, 64-QAM
- trajanje OFDM simbola: 9,259 μ s
- trajanje okvira: 0,5 s.

2.6.3.2. Uzlazna veza

Tehnika pristupa na ulaznoj vezi je DS-CDMA (*Direct Sequence-Code Division Multiple Access*) i omogućava manji omjer vršne i srednje snage signala nego u slučaju s VSF-OFDM-om. Karakteristike su:

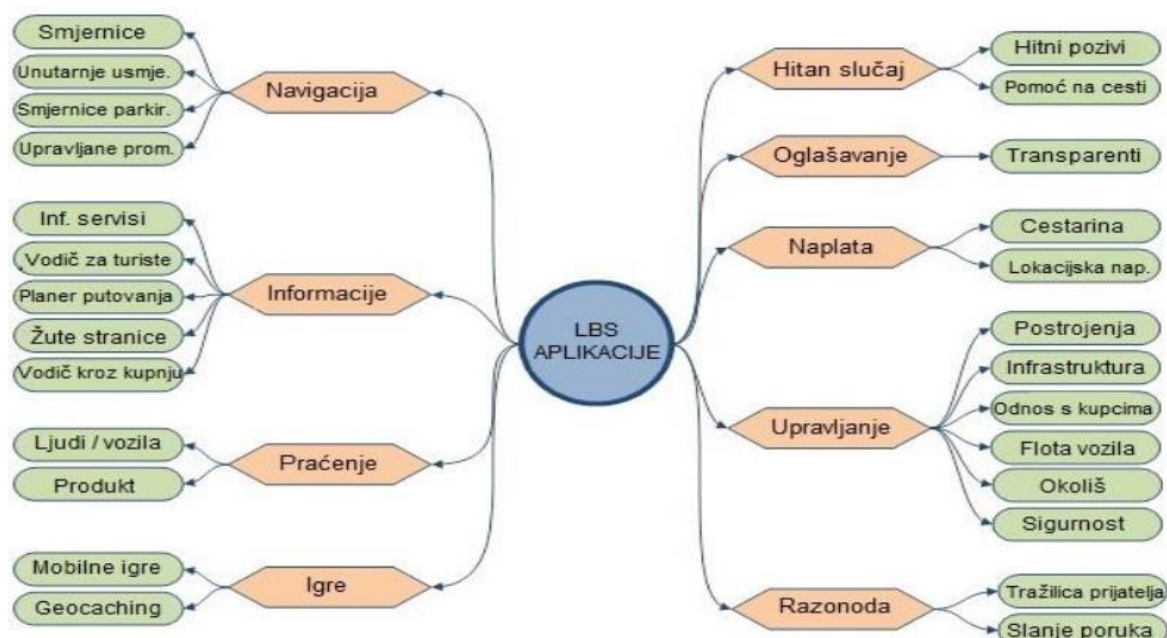
- broj podnosilaca: 2
- širina opsega: 40 MHz
- tip višestrukog pristupa: MC/DS-CDMA

- razmak između podnosilaca: 20 MHz
- faktor širenja: 1-256
- brzina generiranja čipova: 16,384 Mch/s
- modulacija: QPSK, 16-QAM, 64-QAM
- *roll-of* faktor: 0,22
- trajanje okvira: 8192 chips
- kanalno kodiranje: turbo-kod.

U okviru četvrte generacije sustava podrazumijeva se korištenje unaprijeđenih tehnika digitalnog procesiranja signala suglasno konceptu softverskog radija SDR (*Software Defined Radio*). Primjenom SDR-a se omogućava veoma brza i jednostavna rekonfiguracija mreže koja se ostvaruje promjenom korištenog softvera.

2.7. LBS aplikacije

Usluge temeljene na lokaciji korisnika su se u današnje vrijeme znatno rasprostranile. Sve većim razvojem LSB usluga su se razvijale i nove LBS aplikacije. Slika 5 prikazuje kategorije LSB aplikacija.



Slika 5. Kategorija LBS aplikacija [11]

Sa slike 7 može se vidjeti jedna od kategorija koja je ujedno i predmet ovog diplomskog rada. U nastavku je detaljnije opisana svaka kategorija LBS aplikacija.

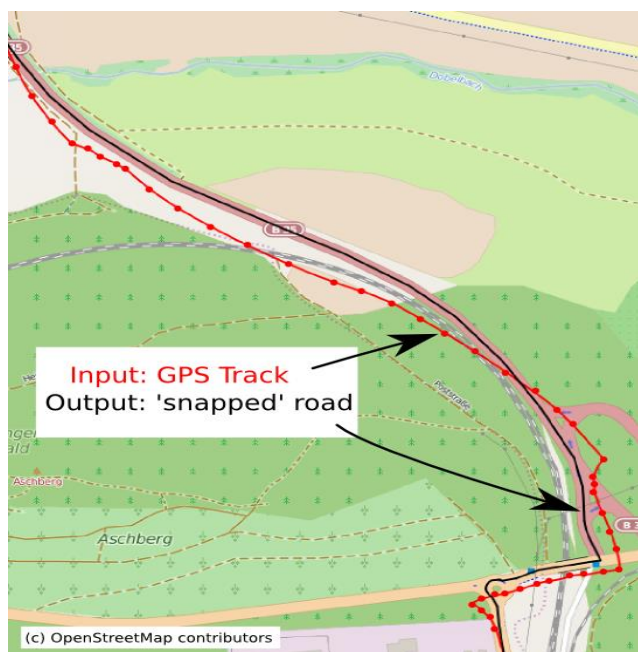
2.7.1. Navigacija

Navigacija predstavlja znanost navođenja ljudi, vozila, zrakoplova, plovila i drugih objekata. Navođenje se odvija na pješačkim, cestovnim, zračnim ili vodenim putovima. U trenutku kada korisnik zatraži upute o lokaciji na koju želi doći, davatelj usluge prvotno određuje lokaciju korisnika te nakon toga izračunava najbržu rutu po kojoj se korisnik želi kretati kako bi došao do odredišta. U cestovnoj navigaciji, koja je ujedno i predmet rada, postoje dvije metode koje poboljšavaju pozicioniranje i navigaciju vozila, a to su [11]:

- *Dead Reckoning*
- *Map Matching*.

Dead Reckoning predstavlja postupak određivanja položaja vozila na temelju poznavanja prijašnjeg kretanja. Takva zabilješka sadrži prosječnu brzinu i smjer kretanja, ali ovakvo lociranje unosi kumulativnu grešku. Primjerice, tijekom ulaska vozila u tunel, satelitski signal ne može odrediti položaj vozila te se u tom slučaju primjenjuje ova metoda. [11]

Map Matching je tehnika koja omogućuje smanjenje pogreške pozicioniranja koja je uzrokovana nepreciznošću satelitske navigacije. Povezuje lokaciju dobivenu od satelitskog sustava s digitalnim kartama kako bi se utvrdila ispravna putanju vozila i odredio položaj vozila na cestovnoj mreži. Prikazana je na slici 6.



Slika 6. *Map Matching* [12]

2.7.2. Usluge praćenja

Usluga praćenja se može opisati kao sustav za nadzor, upravljanje vozilima, imovinom i pošiljkama. Ovakve usluge omogućuju korisniku lociranje ukradenog mobilnog uređaja, odnosno uređaja koji posjeduje sustav za lociranje. Osim samog lociranja, takva aplikacija nudi mogućnost snimanja fotografije počinitelja, zaključavanje uređaja na daljinu ili brisanje podataka s uređaja. Primjerice, tijekom kupnje pošiljke korisnik dobiva kôd pošiljke pomoću kojeg može pratiti u svakom trenutku jeli pošiljka zaprimljena i gdje se nalazi.

2.7.3. Informacije na zahtjev

Ova usluga omogućuje korisniku pristupanje informacijama o stanju na cesti, pronalaženju najbližeg restorana ili općenito pomoć pri navigaciji po gradu. Aplikacije koje koriste informacije na zahtjev su:

- Waze
- Foursquare
- TripAdvisor
- TouristEye.

Waze je aplikacija koja omogućuje prikaz stvarnog vremenskog stanja na cesti, dok Foursquare nudi lako pronalaženje željenih turističkih odredišta. TripAdvisor olakšava planiranje putovanje, omogućuje recenzije i preporučuje najbolje ocjenjene restorane. TouristEye je klasičan turistički vodič koji korisnicima omogućuje lakše snalaženje po odredištu te ih upućuje na poznate gradske znamenitosti.

2.7.4. Hitni slučajevi

Ovaj tip usluge je osmišljen u svrhu lociranja osobe koja se nalazi u trenutnoj opasnosti. Pod tim se podrazumijeva lociranje osobe koja nije svjesna svoje točne lokacije ili kojoj je život u opasnosti. Primjerice loši vremenski uvjeti, ozljede ili nesreća na cesti. Jedna od poznatijih aplikacija ovog tipa je NAVTEX (*Navigational Telex*) koji je pripada Svjetskom pomorskom sustavu za opasnost i sigurnost, a služi za emitiranje pomorskih sigurnosnih informacija. To je automatizirani sustav koji distribuira informacije plovilima o vremenskoj prognozi, vremenskim upozorenjima, obavijesti o traganju, spašavanju i ostalo. Oprema se sastoji od upravljačkog računala, pisača, modema, GPS antene, NAVTEX prijamnika, dvije

UHF (*Ultra High Frequency*) radijske postaje i antenskog sustava. Pod ovakve usluge spada i sustav jedinstvenog europskog broja za hitne službe jer se pozivom na broj 112 određuje točna lokacija korisnika koja se automatski prenosi službi čime se osigurava brza pomoć. Može se koristiti *eCall*. Postoje i uređaji koji se ugrađuju u vozilo koji u slučaju nesreće automatski zove najbliži centar za hitnu službu. Najbitnija informacija koja se time dobiva je točna lokacija nesreće. *eCall* radi na principu prikazanom na slici 7, odnosno pozivom na SOS broj 112 uz pomoć satelita se određuje lokacija korisnika pri čemu se o tome obavještava hitna služba.

2.7.5. Usluga naplate

Kao usluga naplate koristi se usluga LBC (*Location Based Charging*) u kojoj se posebna naknada naplaćuje pretplatniku koji koristi mrežne usluge ovisno o njegovoj lokaciji. Jedna od takvih usluga je roaming koja nudi da korisnik ima pristup uslugama prema posebnoj tarifi u slučaju ako se nalazi izvan zemljopisnog doseg domaće mreže preko neke druge mreže koja je izvan dometa.



Slika 7. Princip rada eCall-a [13]

2.7.6. Oglašavanje

Ovom uslugom se omogućuje prikazivanje oglasa u određenom zemljopisnom području. Oglašavatelji se usredotočuju na oglašavanje u područjima gdje će se potencijalno pronaći kupce. To može biti oglašavanje nekog uslužnog objekta koji se nalazi u određenom zemljopisnom području. Može se i potencijalne kupce obavještavati od sniženjima, novim kolekcijama i ostalim sličnim ponudama.

2.7.7. Proširena stvarnost

Proširena stvarnost AR (*Augmented Reality*) je tehnologija koja korisniku nudi istovremeni prikaz stvarne i virtualne slike. Okruženje korisnika je prošireno s računalno generiranom slikom i zvukom. Korištenjem proširene stvarnosti korisnik ima mogućnost povezati se sa svojim stvarnim i digitalnim okruženjem u kojem virtualno kontrolira pristup određenim informacijama. Jedan primjer ovakve tehnologije je digitalno prošireni katalog koji omogućuje da se preko mobilnog uređaja pogleda određeni proizvod. [11]



Slika 8. Mobilna aplikacija sa proširenom stvarnošću [14]

2.8. LBS standardi

U svijetu postoje dvije organizacije koje imaju veliki utjecaj na razvoj LBS standarda, a to su OMA (*Open Mobile Alliance*) i OGC (*Open Geospatial Consortium*). Uz pomoć standarda se održava funkcionalnost i pouzdanost LBS usluga. U nastavku su ukratko opisana spomenuta dva standarda.

2.8.1. Open Mobile Alliance

Specifikacija koje je uvedena od strane OMA-e je MLP (*Mobile Location Protocol*). Omogućuje LBS aplikacijama da budu interpolirane s bežičnim mrežama neovisno o njihovim mrežnim sučeljima i metodama pozicioniranja. Protokol MLP definira zajedničko sučelje koje olakšava razmjenu prostornih informacija između LBS aplikacija i poslužitelja lokacije u bežičnim mrežama. Podržava privatnost korisnika pružajući pristup informacijama samo ovlaštenim osobama.

2.8.2. Open Geospatial Consortium

OGC je neprofitna organizacija za standardizaciju odgovorna za razvoj standarda vezanih za geoprostorne usluge i usluge temeljene na lokaciji. Ovakvi standardi pružaju rješenje za razmjenu prostornih podataka na položajno orijentiranim servisima. Ovaj standard ujedno predstavlja i tehnički dokument koji opisuje sučelja prema kojima programeri mogu stvoriti podršku u svojim programskim servisima.

2.9. Poslovni koncept LBS usluga

Svrha svakog poslovnog koncepta usluga temeljenih na lokaciji je ostvarivanje profita od pretvaranja lokacijskih podataka u podatke koji su vrijedni za korisnike. Poslovni koncept usluga temeljenih na lokaciji korisnika se sastoji od tri komponente:

- dohvaćanje zemljopisnih lokacijskih informacija
- pretvaranje lokacijskih podataka u korisne podatke
- zarada.

Dohvaćanje zemljopisnih lokacijskih informacija se postiže uz pomoć mobilnog uređaja koji ima mogućnost satelitskog pozicioniranja, odnosno GPS-a. Pretvaranje lokacijskih podataka u korisne podatke se postiže uz pomoć aplikacija koje mogu biti različitih namjena kao što je to opisano u poglavlju 2.5. U slučaju tematike ovog diplomskog rada dobar je primjer naplata cestarine pri čemu se uz pomoć lociranja korisnika dok je u vozilu može izvršiti naplata cestarine.

Kako bi LBS aplikacije mogle poslužiti za uspješno poslovanje, prvotno je potrebno pronaći mrežnog operatera koji ih je spreman otkupiti i ponuditi preko svoje mreže. U tom

trenutku se svaka naplata ili bilo koja druga aktivnost vrši od strane mrežnog operatera. Rizici poslovanja ovog tipa su minimalni jer je ulaganje u infrastrukturu minimalno ali su shodno tome mali i prihodi koji se ostvaruju od LBS aplikacija. [11]

Još jedan od mogućih koncepata je Web 2.0 tehnologija koja je tren u WWW (*World Wide Web*) tehnologiji jer korisnicima omogućuje praćenje i sudjelovanje u kreiranju sadržaja. Korisnik plaća mobilnom operateru uslugu, odnosno pristup Internetu, dok LBS aplikacija u cilju kolektivne vrijednosti za korisnika nudi besplatnu uslugu. Ovakvim konceptom funkcionira većina socijalnih mreža potpomognutih LBS-om. Aplikacije većinom rade preko internetske veze koja može biti mobilna ili fiksna pri čemu korisnik mora imati sklopljen ugovor s operaterom ili nekom drugom mobilnom mrežom. Kada neka aplikacija ne bi koristila usluge mrežnih operatera trebala bi izgraditi svoju infrastrukturu i ideje za razvoj i održavanje takve aplikacije.

2.10. Lanac vrijednosti LBS usluga

Lanac vrijednosti predstavlja skup aktivnosti koji su vezani za nabavu proizvoda, proizvodne procese, logistiku i prodaju konačnih proizvoda kupcima. Kao što to prikazuje slika 9, vrijednosni lanac se sastoji od domene mobilnog operatera i domene pružatelja usluga. U domenu mobilnog operatera ulazi:

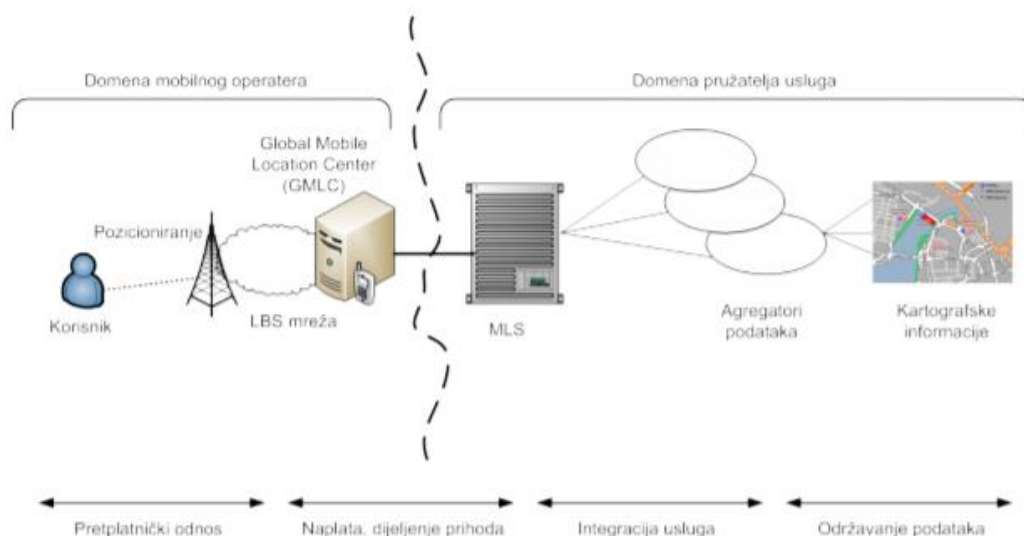
- korisnik
- pozicioniranje
- LBS mreža.

U domenu pružatelja usluga ulazi:

- MLS (*Mobile Location Service*)
- agregatori podataka
- kartografske informacije.

Korisnik je podnositelj zahtjeva dok mobilni mrežni operater pruža opremu i tehnologiju za pozicioniranje. MLS pružatelji omogućuju pružanje prilagođenih položajno vezanih aplikacija. Mobilni operateri su u pretplatničkom odnosu s korisnicima te su shodno tome nastoje da ne izgube ni jednog korisnika. MLS prikuplja podatke o korisničkim navikama i

profilima koje naknadno mogu prodati drugim tvrtkama koje se bave marketingom. Na slici 9 se nalazi lanac vrijednosti LBS usluga.



Slika 9. Lanac vrijednosti LBS usluga [18]

2.11. Zahtjevi lokacijskih usluga

Lokacijski servisi se klasificiraju u šest osnovnih grupa kao što su [9]:

- funkcionalni zahtjevi
- iskoristivost
- raspoloživost
- privatnost
- lokacijska infrastruktura
- međuoperativnost.

Ovim zahtjevima se pokrivaju svi problemi implementacije, razvoja i korištenja lokacijskih servisa. Formirani su na temelju očekivanja mobilnih korisnika od upotrebe lokacijskih servisa.

2.11.1. Funkcionalni zahtjevi

2003. i 2004. godine je provedeno istraživanje od strane Heidmann-a i Tsalgaidou-a pri čemu su korisnici lokacijskih usluga izrazili neka očekivanja vezano za funkcionalnost lokacijske usluge. Iznijeli su sljedeća očekivanja [9]:

- pristup katalogima podataka kao što je primjerice meni restorana koji se nalazi u blizini
- ulaz korisnika mora biti baziran na korisnikovoj trenutnoj poziciji, a u slučaju ako sustav nije u mogućnosti locirati korisnika mora se omogućiti da korisnik unese ili pošalje svoje GPS koordinate ili naziv mjesta
- korisniku treba omogućiti postavljanje upita o najbližem pružatelju određene usluge te dobivanje povratnog odgovora u najkraćem mogućem vremenu
- mora se omogućiti odabir smjera i vođenje do određene točke interesa
- pregledavanje prostornih informacija.

Zahtjevi korisnika vezani za funkcionalnost lokacijskih usluga odnose se na način prikazivanja usluge na zaslonu mobilnog uređaja. Očekuje se puno dinamičnije prikazivanje podataka, a ne samo statična mapa s početnom pozicijom i krajnjom destinacijom. Korisnici očekuju mogućnost odabira prikaza zatražene informacije tekstualno, slikovno, dinamički i statički. Još neki od zahtjeva mogućih tipova prikaza su [11]:

- zemljopisni prikaz u obliku zemljopisne mape
- prikaz vizualne korespondirajuće percepcije koju korisnik može vidjeti ako krene prema mjestu za koje je zatražio informaciju
- statusni prikaz koji opisuje trenutni status korisnika u formi slike, teksta ili glasa
- kontekstualni prikaz povezuje prezentaciju informacije o zatraženom objektu s mogućnostima korisnika u trenutnom okruženju
- zemljopisni informacijski prikaz koji obuhvaća tekstualni opis točke interesa uz mogućnost ulaska na zemljopisnu mapu
- logistički prikaz koji je apstraktni prikaz rute koji sadrži međutočke i završnu željenu točku bez specificiranih smjerova i udaljenosti
- prikaz vodiča koji opisuje korak po korak korisnika u tekstualnom ili glasovnom obliku.

2.11.2. Zahtjevi upotrebljivosti

Pokretni korisnici su često u promjenjivom okolišu i različitim vanjskim uvjetima pri čemu se kognitivni kapacitet troši na druge zadatke. Postoji mnogo ograničenja koja treba uzeti u obzir tijekom kreiranja lokacijskih usluga.

Restriktivna svojstva pokretnih mreža su:

- relativno mala širina frekvencijskog pojasa
- stalna varijabilnost frekvencijskog pojasa
- nepredvidljiva isključenja
- autonomna komunikacija
- duga neaktivnost korisnika.

Restriktivna svojstva mobilnih terminalnih uređaja su:

- ograničeni kapacitet baterija
- ograničena procesorska snaga
- mala memorija
- mali zasloni s niskom rezolucijom
- ograničene sposobnosti i kapacitet unosa podataka.

2.11.3. Zahtjevi pouzdanosti

Pouzdanost je jedna od najbitnijih karakteristika lokacijskih usluga jer pogrešna informacija implicira pogrešnu odluku koja može dovesti do izgubljenog vremena i nezadovoljstva korisnika. Kao primjer se može navesti pogrešku tijekom poziva korisnika u pomoć. Kako bi se takve stvari spriječile prvotno je potrebno poraditi na pouzdanosti podataka, odnosno usluga koje su izgrađene oko baze podataka moraju biti redovito kontrolirane i osvježavane jer neispravni podatci vode korisnika u pogrešnom smjeru. Isto tako, bitna je pouzdanost softvera na strani pružatelja usluge i prikladnost i točnost korištenih algoritama i metoda pozicioniranja i navigacije. Za pojedine usluge točnost mora biti unutar 10 metara, dok je za neke usluge dozvoljeno i mnogo veće odstupanje.

2.11.4. Zahtjevi lokacijske infrastrukture

Lokacijska usluga se sastoji od utvrđivanja lokacije korisnika i pružanja usluge na toj lokaciji. Prema tome su definirani zahtjevi koje mora zadovoljiti svaka lokacijska infrastruktura [11]:

- područje u kojem mobilni korisnik može biti lociran treba biti što veće i to po mogućnosti cjelokupno područje pokrivanja mobilne mreže

- metoda lociranja mora zadovoljavati zahtjeve preciznosti s obzirom na traženu uslugu i predviđene troškove
- omogućavanje lociranja pretplatnika mora imati minimalan utjecaj na mobilni terminalni uređaj, odnosno ne smije utjecati na njegovu veličinu, težinu, potrošnju baterije ili cijenu
- metoda lociranja ne smije generirati preveliko signalizacijsko opterećenje za mobilnu mrežu
- metoda lociranja mora biti brza i obavljena prema prioritetu brzine za tu uslugu
- metoda lociranja mora imati minimalan utjecaj na mobilnu mrežu u smislu kompleksnosti i cijene
- mora biti moguće locirati sve vrste mobilnih uređaja bez obzira na njihov tip te nalaze li se u domaćoj i gostujućoj mreži
- mora postojati mogućnost lociranja veće grupe mobilnih uređaja u isto vrijeme
- privatnost korisnika mora biti osigurana, odnosno korisnik mora imati mogućnost isključivanja opcije lociranja na svojem mobilnom uređaju.

2.11.5. Zahtjevi privatnosti

Svaki korisnik zahtjeva odredbe ugovora o upravljanju podacima vezanima za privatnost korisnika u kojima je potrebno definirati [11]:

- vlasništvo podataka o lokaciji korisnika
- upotrebu lokacijske infrastrukture
- objavljivanje podataka pružatelju usluga.

Postojeći prijedlog operatera i standardizacijskih tijela specificira shemu prioriteta LBS-a prema kojoj mrežni registar ima glavnu kontrolu nad lokacijskim informacijama. S obzirom na to kako je upravljanje privatnošću ključni faktor buduće adopcije lokacijskih usluga.

3. METODE ODREĐIVANJA LOKACIJE KORISNIKA

Lokacija korisnika, odnosno korisnikovog mobilnog uređaja, se određuje uz pomoć tehnologija ili korisnik može ručno unijeti svoju poziciju. Glavne tehnologije korištene kod LBS usluga su [8]:

- satelitsko pozicioniranje
- pozicioniranje pomoću mobilnih mreža
- hibridno pozicioniranje.

3.1. Karakteristike lokacijskih tehnologija

Neke od karakteristika lokacijskih tehnologija koje određuju tehnike određivanje lokacije su [9]:

- fizička (simbolička) lokacija
- apsolutna (relativna) lokacija
- izračun lokacije
- točnost i preciznost.

Fizička lokacija je lokacija koju korisnik dobije u obliku koordinata, odnosno GPS nudi informacije u obliku zemljopisne dužine, širine i elevacije. Naziva se još i simbolička jer pruža korisniku informaciju o lokaciji koja se povezuje sa simboličkim referencama, kao što je primjerice pozicija korisnika u odnosu na neki vanjski objekt. [9]

Pružanje informacije koliko je jedan mobilni uređaj udaljen od drugog je relativna lokacija tog uređaja dok GPS mrežne tehnologije lociranja i sustavi za lociranje u zatvorenim prostorima pružaju korisniku apsolutnu lokaciju neovisno bilo u obliku koordinatnog sustava ili u simboličkom obliku povezujući je s određenim geografskim mapama podataka.

Lokacije može biti izračunata i od strane mreže i od strane mobilnog uređaja, ali u slučaju izračuna lokacije od strane mobilnog uređaja, mreža ne zna poziciju korisnika što korisniku daje veću privatnost. U slučaju u kojem se lokacija izračunava u mrežnom dijelu potrebna je dodatna zaštita privatnosti. [9]

Različite metode donose i različitu preciznost pozicioniranja u rasponu od par centimetara za RF (*radio frequency*) tehnologije do nekoliko kilometara za *Cell ID*. Također, preciznost ovisi o tome koliko često stupanj točnosti lociranja može biti zadržan.

3.2. Pozicioniranje zasnovano na mobilnom uređaju

Metode pozicioniranja zasnovane na mobilnom uređaju su sljedeće [9]:

- GPS (*Global Positioning System*)
- FLT (*Forward Link Trilateration*)
- OTD (*Observed Time Difference*)
- EOTD (*Enhanced Observed Time Difference*).

3.2.1. GPS (Global Positioning System)

Uz pomoć globalnog satelitskog sustava moguće je trodimenzionalno određivanje položaja na i iznad zemlje bez lokalne i regionalne infrastrukture. S obzirom na to kako satelitsko pozicioniranje ima slab signal, pozicioniranje u zatvorenom prostoru je gotovo nemoguće, pogotovo bez dodatnih pristupnih uređaja. Postoje mnogi pristupi za pozicioniranje korisnika i svi imaju svoje prednosti i nedostatke. [8]

Prednosti GPS-a su [9]:

- visoka točnost
- ne zahtjeva novu mrežnu infrastrukturu
- privatnost korisnika.

Nedostaci su [9]:

- nema pokrivenosti u zatvorenim prostorima
- loša pokrivenost u urbanim krajevima
- dodatni zahtjevi kojima se povećava glomaznost mobilnog uređaja
- kašnjenje u izračunu lokacije.

3.2.2. FLT (*Forward Link Trilateration*)

Mobilni uređaj mjeri vrijeme dolaska signala s većeg broja baznih stanica te šalje vremenske razlike u mrežni lokacijski procesor za determiniranje lokacije pomoću trilateracije. Prednost ove metode pozicioniranja su [9]:

- reducirana kompleksnost
- reducirana cijena mobilnog uređaja.

Nedostatak je [9]:

- potrebne modifikacije u mobilnom uređaju i u mobilnoj mreži.

FLT je pogodan za urbana područja zbog blizine i većeg broja baznih stanica. Specifičan je jer ne koristi GPS za određivanje lokacije već utvrđuje lokaciju uz pomoć baznih stanica. Za precizno utvrđivanje položaja potrebne su tri okolne bazne stanice.

3.2.3. OTDOA (*Observed Time Difference of arrival*) i EOTD (*Enhanced Observed Time Difference*)

Kod tehnologija OTDOA i EOTD vremenski signali koji se šalju s većeg broja baznih stanica te softver u mobilnom uređaju omogućuju triangulacijskom kalkulacijom određivanje lokacije. Prednost OTD i EOTD je [9]:

- privatnost korisnika.

Nedostatak je [9]:

- potrebne modifikacije u mobilnom uređaju i u mobilnoj mreži.

Za budući razvoj lokacijskih usluga najzanimljivija je GPS metoda zbog svoje preciznosti pozicioniranja i rasprostranjenosti.

3.3. Pozicioniranje zasnovano na mobilnoj mreži

Pozicioniranje uz pomoć mobilnih mreža se može ostvariti bilo gdje, ali ima slabu točnost, odnosno preciznost. U velikom broju situacija položaj ne može biti određen potrebnom točnošću i prihvatljivim vremenom čekanja na tu informaciju. Metode pozicioniranja zasnovane na mobilnoj mreži su [9]:

- identifikacija ćelije (*Cell ID*)
- TOA (*Time of Arrival*)
- TDOA (*Time Difference of Arrival*)
- AOA (*Angle of Arrival*)
- analiza uzoraka.

3.3.1. Cell ID

Mobilna mreža se sastoji od ćelija koje pokrivaju određena područja te u svakom trenutku treba znati ćeliju u kojoj se nalazi korisnik. Veličina ćelija ima veliki utjecaj na točnost lokacije. Prednosti *Cell ID*-a su [9]:

- već je implementirana u svim mobilnim mrežama
- ne zahtjeva modifikaciju mobilnog uređaja
- niski troškovi.

Nedostaci su [9]:

- niska razina točnosti, posebice u ruralnim područjima s velikim ćelijama
- gubitak privatnosti korisnika.

3.3.2. TOA (*Time of Arrival*)

TOA predstavlja triangulacijsku metodu koja izračunava poziciju korisnika na temelju mjerenja vremenske razlike dospijeca radio signala od odašiljača (mobilnog uređaja) do tri ili više baznih stanica. Prednosti su [9]:

- veća točnost od *Cell ID*
- može determinirati brzinu kretanja i dodati ju u izračun pozicije
- ne zahtjeva nikakve modifikacije kod mobilnog uređaja.

Nedostaci su [9]:

- zahtjeva dodatnu opremu u baznim stanicama.

3.3.3. TDOA (*Time Difference of Arrival*)

TDOA je metoda koja ima dodatno ugrađenu sinkronizaciju između baznih stanica I koristi se podacima o razlici u vremenu prijema. Prednosti su [9]:

- veća točnost od *Cell ID*
- može determinirati brzinu kretanja i dodati ju u izračun pozicije.

Nedostaci su [9]:

- zahtjeva dodatnu opremu u baznim stanicama
- zahtjeva dodatne modifikacije u mobilnim uređajima
- gubitak privatnosti korisnika.

3.3.4. AOA (*Angle of Arrival*)

Izračunava poziciju korisnika temeljem smjera primljenog signala u najmanje dvije bazne stanice. Prednost je [9]:

- ne zahtjeva modifikaciju mobilnog uređaja.

Nedostaci su [9]:

- zahtjeva posebne antene i prijemnike u baznim stanicama
- gubitak privatnosti korisnika.

3.3.5. Analiza uzoraka

Određuje lokaciju komparirajući uzorke primljene od korisnika s prethodnim primljenim uzorcima koji su spremljeni bazu podataka. Prednost je [9]:

- ne zahtjeva modifikaciju mobilnog uređaja.

Nedostaci su [9]:

- zahtjeva dodatnu prijamnu opremu u baznim stanicama i velike baze podataka koje se moraju stalno ažurirati.

3.4. Relativno pozicioniranje

Relativno pozicioniranje može biti definirano kao proces određivanja položaja i orijentacije, pomoću kombinacije informacija prikupljenih sensorima. Početak određivanja pozicije počinje u trenutku inicijalnog položaja i mijenja se s vremenom te kontinuirano bilježi kretanje korisnika. Prednost ovakvog određivanja lokacije je u tome što praćenje može biti relativno u odnosu na neki objekt koji je korisniku zanimljiv. Primjerice lokacija na kojoj nije moguće upotrijebiti sustav GPS-a. [8]

Trenutno postojeći sustavi za pozicioniranje se mogu svrstati u dvije kategorije:

- aktivni
- pasivni.

Aktivni ima u sebi predajnike signala i senzore, dok je pasivni registriranjem prirodnih signala i fizičkih pojava u potpunosti samodostatan. Kao primjer se mogu navesti kompasi koji registriraju Zemljino magnetsko polje, zatim inercijski senzori koji mjere linearno ubrzanje i kut kretanja te vizualni sustavi koji bilježe prirodne pojave i stanja. Vizualne metode mogu izravno procijeniti položaj kamere pomoću slika koju snima korisnik. Najveći nedostaci takvih sustava su u veličini i robusnosti te u velikim računalnim zahtjevima. [8]

3.5. Pozicioniranje zasnovano na hibridnom pristupu

Hibridni sustav pozicioniranja kombinira različite aspekte prethodno navedenih tehnologija pozicioniranja. Postoje dvije osnovne metode hibridnog pozicioniranja [9]:

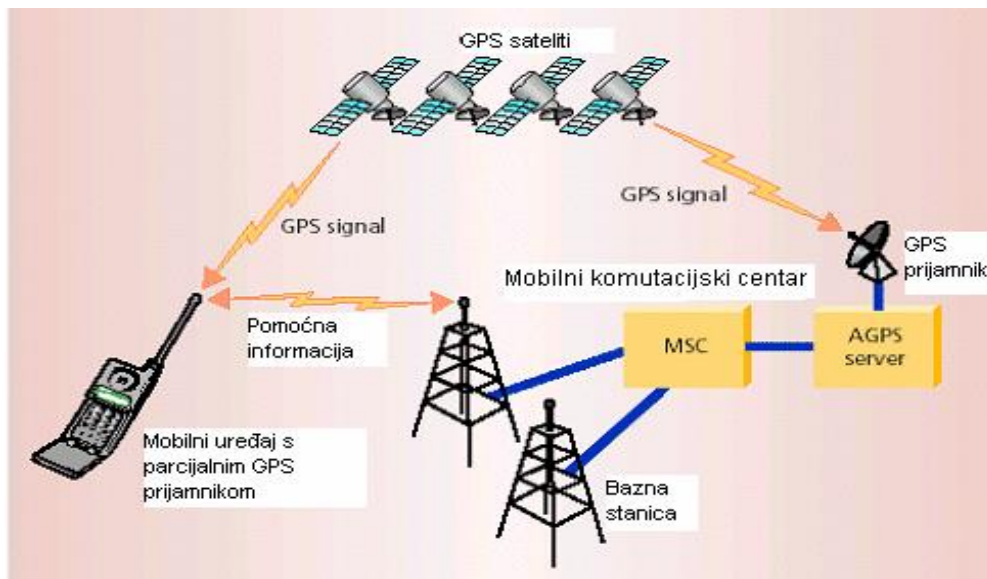
- *Assisted* GPS (A-GPS)
- Kombinacije AOA/TDOA i slično – pozicioniranje se obavlja kombiniranjem postojećih tehnika kako bi se povećala preciznost i područje pokrivenosti.

Određivanje lokacije korisnika uključuje mobilnu stanicu (mobilni uređaj) opremljenu sa GPS prijamnikom, ćelijsku mrežu i referentnu GPS mrežu povezanu sa ćelijskom mrežom. Referentna GPS mreža sadrži prijamnik koji stalno komunicira sa satelitima. Takvo komuniciranje zahtjeva optičku vidljivost između satelita i prijamnika. Kada mobilna stanica pošalje zahtjev za određivanje svoje lokacije tada GPS referentna mreža šalje podatke mobilnoj stanici preko ćelijske mreže. Slijedom tih aktivnosti dobije se brže, lakše i preciznije lociranje. [11]

Smatra se kako će postati dominantna metoda lokacije korisnika, a preciznost se kreće u sljedećim intervalima [9]:

- ± 3 m u ruralnim područjima
- ± 5 m u suburbanim područjima
- ± 50 m u urbanim područjima.

Kod ove metode pozicioniranja vrijeme odziva iznosi maksimalno 5 sekundi za jednu lokaciju. Na slici 10 je prikazan princip rada A-GPS-a.



Slika 10. Princip rada *Assisted* GPS-a [9]

Relativno pozicioniranje i relativni praćenje su zanimljiv i obećavajući pristup za određivanje položaja mobilnih korisnika u slučajevima:

- Gustog urbanog područja u kojem GPS ne daje zadovoljavajuće rezultate
- 3D navigacije u zgradama
- Uskog prostora kao što je slučaj u tunelima i podzemnim prostorima.

3.6. Pozicioniranje u zatvorenom prostoru

U današnje vrijeme su razvijene tehnologije za potrebe povezivanja i lociranja osobnih računala, prijenosnih računala i PDA uređaja. Princip rada se zasniva na tome da je uređaj unutar područja rada odašiljača male snage te rade na isti način kao *Cell ID* u GSM mrežnom okružju. Tehnologije lokalnog pozicioniranja koje se koriste su [9]:

- *Infrared*
- *Ultrasond*
- RF
- *Wireless LAN* (WLAN)
- Bluetooth.

4. SUSTAVI NAPLATE CESTARINE

Tijekom 2012. godine su uvedene cestarine u dvanaest država članica EU (Europska Unija) za osobna vozila, dok je za teretna vozila uvedeno u dvadeset i dvije članice. 60 % infrastrukture je bilo opremljeno elektroničkim sustavima naplate cestarine, a ukupna dužina cestovne mreže koja je bila pokrivena sustavom naplate cestarine je iznosila 72 000 kilometara. Ovakvi sustavi nisu interoperabilni na razini Europske Unije, ali su nacionalnoj razini što stvara prepreke u funkcioniranju unutarnjeg tržišta. Direktiva 2004/52/EZ je provedena u cilju uklanjanja rascjepkanosti sustava europske elektroničke naplate cestarine (EENC) koji omogućuje plaćanje cestarina i naknada cijeloj Europskoj Uniji zahvaljujući ugovoru sa samo jednim pružateljem usluge i s pomoću jedne jedinice ugrađene u vozilo. Tom direktivom su utvrđene opće pretpostavke koje su potrebne kako bi se postigla interoperabilnost između pružatelja usluge EENC i postupaka subjekata za naplatu cestarine. [15]

4.1. Postojeća tehnologija

Postoji šest glavnih sustava elektroničke naplate cestarine [15]:

- Automatsko prepoznavanje registracijskih oznaka (ANPR)
- Komunikacijski sustav kratkog dometa putem satelita (DSRC)
- Radiofrekvencijsko prepoznavanje (RFID)
- Tehnologija globalnih navigacijskih satelitskih sustava (GNSS)
- Naplata na osnovi tahografa
- Sustavi naplate cestarine putem mobilne komunikacije.

ANPR je tehnologija kod koje se upotrebljavaju video kamere za identifikaciju vozila, dok je DSRC utemeljen na dvosmjernoj radijskoj komunikaciji između fiksne opreme na cesti (RSE) i mobilnog uređaja (OBU) instaliranog u vozilu. RFID je čest sustav naplaćivanja cestarine u Sjedinjenim Američkim Državama (SAD) koji koristi radiovalove za identifikaciju uređaja. GNSS je tehnologija koja upotrebljava podatke o položaju vozila kako bi se izmjerilo korištenje ceste i odredila cestarina. Naplate koja se vrši uz pomoć tahografa radi tako što mobilni uređaj spojen elektronički s brojačem kilometara broji kilometre koje je korisnik

prešao. Sustavi naplate cestarine uz pomoć mobilne komunikacije su u razvoju, ali s velikim potencijalom napredovanja. [15]

Sve spomenute tehnologije se razlikuju u točnosti, provedbi, učinkovitosti, procjeni troškova i interoperabilnosti. Problem stvara zaštita podataka jer ANPR i GNSS omogućuju prepoznavanje ili kontinuirano praćenje vozača, dok DSRC i RFID tehnologija očito ne utječu na privatnost korisnika. DSRC tehnologija donosi instaliranje skupe opreme na cesti, dok ANPR zahtijeva jeftiniju opremu te mu nisu potrebni mobilni uređaji. S obzirom na to kako RFID nije rasprostranjen u EU, troškovi za njegovu instalaciju bi bili veći od troškova za druga rješenja. S pogleda infrastrukture, tehnologije GNSS i GSM su jeftinije, ali GNSS iziskuje više ulaganja u početnoj fazi zbog uspostavljanja skupog administracijskog sustava. [15]

Iako je DSRC najrasprostranjenija tehnologija ENC-a, ima nisku sposobnost prilagodbe. S druge strane ANPR je fleksibilan i već je kombiniran s drugim opcijama ENC-a u provedbene svrhe. Nedostatak standardizacije registracijskih oznaka i izazovi za suradnju među državama članicama u uspostavi međunarodne baze podataka o registracijskim oznakama dovode do zaključka kako video sustav nije prikladan za naplatu cestarine, odnosno za postizanje interoperabilnosti. Tehnologije GSM i GNSS su prilagodljivije, ali niska stopa prodiranja i problemi u pitanju privatnosti ograničavaju potencijal. Prema direktivi 2004/52/EZ predlažu se tehnologije DSRC, GNSS i GSM za EENC te se tehnologije ANPR, RFID i tahograf ne mogu smatrati sukladnima EENC-u. [14]

4.2. Sustavi izravne naplate cestarine

Izravno plaćanje cestarine predstavlja prikupljanje novčanih sredstava za korištenje cestovne infrastrukture od strane korisnika. Za ovu uslugu se koristi skupa infrastruktura koja se sastoji od naplatne postaje, rampe i platoa upravne zgrade. Izravni sustavi se razlikuju jedino po načinu naplate, a to su [16]:

- ručna naplata
- elektronička naplata.

Ručnu naplatu obavlja čovjek uz pomoć elektroničke opreme za raspoznavanje i klasifikaciju vozila prema kategoriji, dok je elektronička naplata automatizirana uz potpunu elektronsku identifikaciju vozila i naplati.

4.2.1. Ručni sustav naplate cestarine

Ručni sustav naplate cestarine radi na principu identifikacijske kartice koja se uzima na ulaznom mjestu na autocesti te se naplati na izlasku iz iste. U današnje vrijeme koriste se napredniji sustavi koji koriste uređaje s automatskim izdavanjem kartice tijekom ulaska na autocestu. Tijekom naplate cestarine na izlazu s autoceste automatski se određuje kategorija vozila prema visini vozila te korisnik plaća cestarinu na temelju prethodno određenih tarifa. Ovakva naplata cestarine je zatvoreni tip. Osim zatvorenog tipa postoji i otvoreni tip koji se ne razlikuje puno od zatvorenog. Razlika je što se kod otvorenog tipa korisnik registrira pri ulazu te se na istom mjestu naplaćuje cestarina. Ovaj tip naplate se može provoditi samo u tunelima, mostovima ili kraćim dionicama autoceste. Prednost ručne naplate je što se osigurava pravedna naplata za korisnike. Glavni nedostaci su visoki troškovi građenja potrebne infrastrukture, zapošljavanje većeg broja radne snage i smanjenje sigurnosti. Tu je i problem zadržavanja jer je potrebno 15 do 20 naplatnih mjesta kako bi se osigurao kapacitet od 70 000 vozila po danu. Takvo dugo zadržavanje uzrokuje povećanje štetnih ispušnih plinova pri stajanju, povećanje nervoze kod vozača i usporenje prometa. Na slici 11 je prikazana naplatna postaja Lučko.



Slika 11. Naplatna postaja Lučko [16]

4.2.2. Elektronički sustav naplate cestarina

Primjer elektroničke naplate cestarine je naplata putem ENC uređaja koja funkcionira beskontaktno i bez posredstva blagajnika. Postupak se odvija preko ENC uređaja koji je smješten na vjetrobranskom staklu vozila i antene na naplatnoj stazi. Senzor evidentira ulazak vozila s ENC uređajem te šalje podatke u središnji sustav, a tijekom izlaska s dionice se obavlja naplata za prijedenu udaljenost po određenim tarifama. Ovakva naplata ne zahtijeva potpuno zaustavljanje vozila nego samo usporavanje na određenu brzinu, ali ovaj sustav nije u potpunosti nezavisan. Veliki nedostatak je što se koristi samo kao dopuna ručnoj naplati cestarine. Glavni problemi i nedostaci trenutnih sustava ručne naplate su:

- nepotrebno zaustavljanje prometnih tokova
- stvaranje kolona i duga čekanja u redu za naplatu
- povećanje troškova eksploatacije vozila
- povećano zagađenje okoliša
- šteta koju čine teretna vozila na lokalnim cestama izbjegavajući autocestu
- izgradnja skupe infrastrukture i održavanje takvog sustava naplate
- zapošljavanje radne snage na naplatnim kućicama
- smanjena mogućnost pristupa autocestama
- otežano vođenje prometa u slučaju zatvaranja dionice autoceste
- slabo korištenje benzinskih postaja
- mala cijena zemljišta uz autocestu
- autocesta nije u funkciji obilaznice gradova uz koje se nalazi
- smanjenje sigurnosti u prometu.

Na slici 12 je prikazan ENC uređaj koji predstavlja jedno od rješenja za povećanu automatizaciju pri naplati, ali zahtijeva njegovu prethodnu nabavku, što mu i jest glavni nedostatak kod putnika koji putuju pretežno u turističke svrhe.



Slika 12. ENC uređaj [14]

Zbog velikog porasta broja vozila, naplatne postaje nemaju dovoljnu propusnu moć za prihvatanje tolike količine vozila. Dolazi do velikih zastoja na prilazima naplatnih postaja, onečišćuje se okoliš i narušava sigurnost u prometu.

4.3. Sustavi neizravne naplate cestarine

Sustavi neizravne naplate cestarina su sustavi kod kojih se indirektno naplaćuje cestarina krajnjim korisnicima. Najveća prednost je u tome što je omogućeno jednostavno uplaćivanje, odnosno prikupljanje sredstava te se izbjegavaju zastoji kod naplaćivanja.

4.3.1. Sustav naplate vinjetama

Najpoznatiji sustav neizravne naplate cestarine na autocestama su vinjete. Vinjeta se postavlja na vjetrobransko staklo, a naplata se obavlja posebnim tarifama. One pojednostavljuju naplatu, ne uzrokuju gužve i zastoje u prometu te nema potrebe za izgradnjom infrastrukture za naplatu cestarina, ali je potrebna infrastruktura za kontrolu naplate. Nedostatak je neprilagođenost prema obujmu korištenja autoceste. Država određuje cijenu vinjete po kategorijama i masi vozila. Koriste se jednodnevne, tjedne, mjesečne i godišnje vinjete. U Republici Hrvatskoj se ovaj način naplate ne koristi, ali je ovaj sustav pogodniji i jeftiniji, nije potreban veliki broj radne snage i smanjuju se gužve. Zahvaljujući

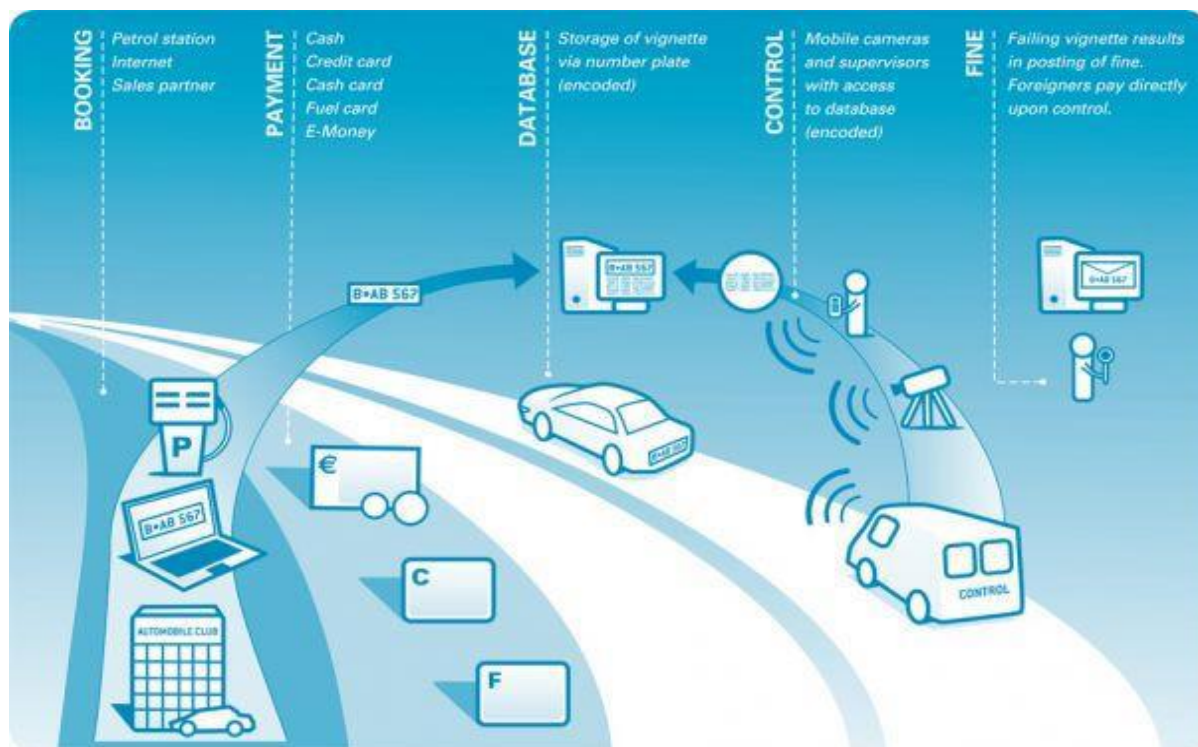
brojaču prometa moguće je s visokom preciznošću odrediti broj vozila na dionicama autoceste, te broj kilometraže koja vozila prevaljuju. Na slici 13 je prikazana vinjeta, koja je jedno od rješenja pretplatne naplate cestarine.



Slika 13. Vinjeta

Izvor: www.zurnal24.si/vinjeta-za-leto-2016-bo-kovinsko-zelena-clanek-258125

Na slici 14 je prikazan sustav naplate vinjetama.



Slika 14. Sustav naplate vinjetama

Izvor: <https://www.ages.de/en/e-vignette-toll-system-functionality.html>

4.3.2. Sustav naplate kroz cijenu goriva

U sustav neizravne naplate ubraja se i naplata cestarine kroz cijenu goriva. Ovo je najpovoljniji sustav i za korisnike i za koncesionare. U ovom slučaju nema troškova gradnje, održavanja infrastrukture, naplatnih kućica i ostalog. U Republici Hrvatskoj se sva sredstva prikupljena od naplate cestarine kroz cijenu goriva koriste za održavanje postojeće infrastrukture. Prihodi koje od toga prikupe Hrvatske autoceste (HAC) i Hrvatske ceste (HC) iznosi 1,35 milijuna kuna. Iz jedne litre kupljenog goriva 60 lipa ide HAC-u i 60 lipa HC-u. [16]

4.4. Daljnji razvoj sustava za naplatu cestarine

Prije same implementacije i daljnjeg razvoja nekih novih tehnologija treba razmotriti jesu li sadašnje tehnologije zastarjele. Važno je razmotriti mogućnost za smanjenje troškova, za bolju učinkovitost i točnost te stanje drugih tehnologija na istom području. Zasada tehnologije DARC, GNSS i ANPR ne pokazuju nikakve znakove zastarijevanja. Sustav GSM je do danas već zastario.

Ključne prednosti koje se očekuju na području plaćanja su približavanje korištenju mobilnog Interneta. Time se treba omogućiti korisniku plaćanje na fizičkoj lokaciji bez potrebe za posjedovanjem računa za plaćanje cestarine. Politički ciljevi koji se moraju uzeti u obzir sljedećih godina su [15]:

- generalizirati i uskladiti provedbu naplate cestarine diljem EU-a
- učiniti ENC najčešćim sredstvom plaćanja naknada i cestarina unutar Europe
- uspostavljanje jedinstvenog ugovora i mobilnog uređaja koji će biti valjan diljem EU
- minimizirati troškove životnog ciklusa za naplatu cestarine.

Donositelji takvih odluka bi trebali obavezno uzeti u obzir [15]:

- prikladna provedba EENC-a iziskuje ravnopravno i usklađeno uvođenje uređaja za naplatu cestarine među korisnicima

- instalaciju uređaja u vozilo, bilo tijekom proizvodnje bilo za vrijeme procesa registracije vozila, treba učiniti privlačnom opcijom za krajnjeg korisnika, ali i potencijalno obvezujućom radi olakšavanja prihvatanja EENC-a
- koordinacija svih uređaja u vozilu i sučelja za naknadno ugrađivanje unutar automobila olakšala bi provedbu EENC-a
- koordinirana upotreba mobilnog uređaja (OBU) s ostalim navigacijskim i komunikacijskim sustavima olakšala bi korisnicima prihvatanje EENC-a
- kako bi se osigurao usklađeni pristup privatnosti podataka, potrebni su dogovori o tome koje bi informacije trebale biti dostupne i što bi trebalo ostati povjerljivo
- potencijalna ograničavanja budućih mjera postojećim standardima ENC-a trebala bi se sagledati od slučaja do slučaja; možda neće sva rješenja ostati kompatibilna, premda je poželjno da nove mjere budu interoperabilne s postojećim sustavima ETC-a.

Isto tako, trebalo preispitati sljedeće praktične aspekte [15]:

Aktualne tehnologije (uključujući ANPR) mogu zadovoljiti većinu zahtjeva koji se odnose na naplatu cestarine u Europi na tehničkoj razini, ali nisu sve u istoj mjeri učinkovite sa stajališta troškova. Operateri i korisnici trebali bi imati pravo biranja najjednostavnije i najekonomičnije tehnologije elektroničkog plaćanja cestarine u cijelom EU-u. Učinkovita administracija, sporazumi među operaterima i provedbeni sustavi koji jamče plaćanja cestarine trebaju se primjenjivati bez stvaranja znatnih dodatnih troškova za operatere naplate cestarine i pružatelje usluga EENC-a.

5. KOMUNIKACIJSKI I SIGURNOSNI PROTOKOLI

Komunikacijski protokol je skup jednoznačno određenih pravila za razmjenu informacija između dva entiteta na mreži koji uključuje sintaksu informacije, semantiku informacije te pravila za razmjenu informacije. Sigurnosni protokoli su oni koji na Internetu omogućuju zaštitu osobnih, korporativnih ili institucionalnih podataka. U nastavku su opisani komunikacijski i sigurnosni protokoli koji bi se trebali koristiti pri realizaciji stvarnog sustava.

5.1. UDP i TCP protokoli

Uz pomoć protokola računalne mreže ostvaruju komunikaciju i prijenos podataka između sebe, a jedni od važnijih protokola su UDP (*User Datagram Protocol*) i TCP (*Transmission Control Protocol*) protokol. U nastavku su detaljnije opisani spomenuti protokoli, a TCP je glavni protokol koji sustav koristi.

5.1.1. UDP protokol

UDP protokol je specifičan u tome što računalne aplikacije mogu slati poruke drugim korisnicima bez posebnog postavljanja kanala i unaprijed postavljenih putova. UDP koristi osnovni minimum koji protokol treba jer ako se zanemari multipleksiranje i demultipleksiranje, UDP ništa ne dodaje IP-u. Programer koji odluči da njegova aplikacija komunicira preko UDP protokola kreira aplikaciju koja komunicira direktno s udaljenim računalom s poznatom IP-adresom. UDP uzima poruku od aplikacije te na nju postavlja izvorni i krajnji broj porta, dodaje dva manje važna polja i sve prenese na mrežu. Mreža od te poruke napravi IP datagram i dostavlja poruku udaljenom poslužitelju. Kada poruka stigne do poslužitelja UDP koristi broj porta IP poslužitelja i njegovu adresu za dostavu podataka.

Kod nekih aplikacija UDP se preferira iz sljedećih razloga:

- nema čekanja za uspostavu konekcije
- može održavati više aktivnih klijenata
- malo zaglavlje
- neregulirana stopa slanja.

5.1.2. TCP protokol

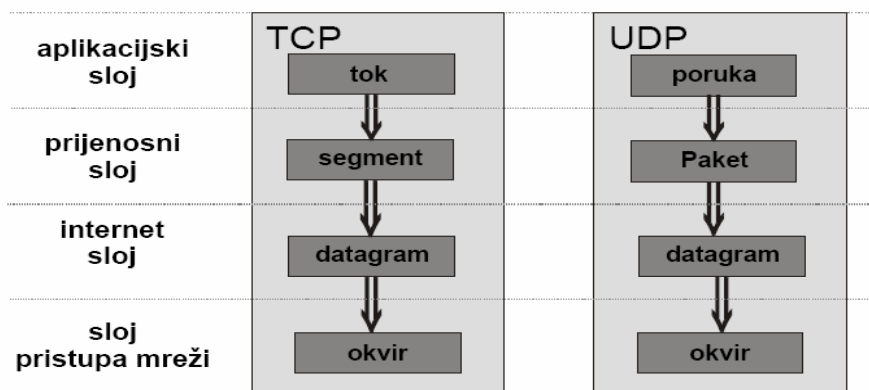
Korištenjem TCP protokola, aplikacija umrežena u računalnu mrežu kreira virtualnu konekciju prema drugom računalu te putem ostvarene konekcije prenosi podatke. Osigurava i kontrolira pouzdanu isporuku podataka do odredišta u kontroliranom redoslijedu, a pruža i mogućnost višestrukih istovremenih konekcija prema jednoj aplikaciji. Osnovna svojstva koja nudi TCP su:

- veza od točke do točke
- pouzdanost
- dvosmjerni prijenos podataka
- svi podatci tretiraju se kao niz okteta.

TCP je skup protokola prihvaćen kao standard zbog pogodnosti koje, nudi a to su:

- neovisnost o tipu računalne opreme i operacijskih sustava
- neovisnost o tipu mrežne opreme na fizičkoj razini i prijenosnog medija što omogućava integraciju različitih tipova mreže
- jedinstveni način adresiranja koji omogućava povezivanje i komunikaciju svih uređaja koji podržavaju TCP
- standardizirani protokoli viših razina komunikacijskog modela što omogućava široku primjenu mrežnih usluga.

Naziv TCP/IP potječe od dva najčešće korištena protokola: TCP i IP. TCP protokol prisutan je danas na skoro svim računalima, u prvom redu zbog jednostavnog definiranja adresa uređaja na mreži, te zbog mogućnosti povezivanja na Internet. Na slici 15 je prikazana struktura TCP modela.



Slika 15. Struktura TCP modela

5.2. Sigurnosni protokoli

U cilju sigurnosti provodi se sprječavanje napada tako da vanjski napadači imaju minimalne mogućnosti za prijevaru ili bilo kakvu zloupotrebu. Sustav se smatra sigurnim ako je u svakom trenutku zaštićena privatnost korisnika i osiguran stabilni rad poslužitelja.

Prvi korak u planiranju osiguranja mreže je identificirati sigurnosne prijetnje, a to dovodi do stvaranje liste sigurnosnih potreba i do specifikacije sigurnosne arhitekture. Moraju se uzeti u obzir prijetnje sa softverske razine, odnosno treba osiguravati kod što je više moguće. Proboji mogu biti ažurirani i ispravljeni u sigurnosnom sustavu ako se na vrijeme detektiraju.

Mobilni operatori moraju zaštititi korisničke podatke pokretnih uređaja od prisluškivanja, kopiranja podataka, krađe identiteta i ostalih načina korištenja računa korisnika. U GSM i UMTS sustavima, provjera autentičnosti i kodiranje podataka je odvija između korisničkog uređaja i RNC-a. Jedan od mogućeg oblika zaštite je IPsec (*Internet Protocol Security*). Moderna tehnologija dovodi do novih aspekata koji mogu povećati osjetljivost na namjerne prijevare.

Zajedno sa IPsec-om koristi se i PKI (*Public Key Infrastructure*) koji se primjenjuje za provjeru mrežnih elemenata i autorizaciju tijekom pristupa mreži, a IPsec osigurava integritet i povjerljivost tijekom transporta na kontrolnoj i korisničkoj ravni. IPsec protokol obuhvaća mehanizme za zaštitu prometa kriptiranjem ili autentifikacijom IP paketa. Osigurava tajnost, mogućnost promjene podataka isključivo od ovlaštene osobe, autentičnost i verifikaciju identiteta korisnika.

Neke od sigurnosnih stavki su:

- sigurnost u zračnom sučelju (UP i CP *security*) koja uključuje korištenje algoritma za šifriranje koje se koristi za sigurnost korisničke ravnine
- sigurnost u transportu uključuje algoritam za šifriranje i zaštitu integriteta
- CM (*Certificate Management*) sadrži definiciju javnog ključa i ključa za upravljanje
- OAM (*Operations, Administration, Maintenance*) brine o sigurnosti korisničke ravnine
- ToP (*Timing over Packer*) osigurava sinkronizaciju ravnine pomoću paketa za frekvenciju i vremenske sinkronizacije
- Intra LTE i *Inter System Mobility* osiguravaju sigurnost prekapčanja.

Korisnik uz pomoć mobilnog uređaja, korištenjem aplikacijskog sustava, šalje zahtjev za kreiranjem korisničkog računa te unosi podatke koji naknadno služe za identifikaciju korisnika kod prijave u sustav. Time se evidentira korištenje usluge od strane korisnika (autentifikacija lozinkom). Plaćanje se odvija kreditnom karticom ili PayPal uslugom. Koristeći takvu opciju potrebni su i određeni sigurnosni protokoli, koji će biti detaljnije opisani u poglavljima 5.4.1. i 5.4.2.

Jedinstveni broj koji identificira korisnika naziva se IMSI (*International Mobile Subscriber Identity*) i sastoji se uglavnom od 15 znamenki iako može biti i kraći. Sadrži oznaku zemlje, mreže operatora i oznake pokretnih korisnika. Pohranjen je u SIM kartici te se koristi kao ključ za dohvaćanje podataka o korisniku iz baze podataka o svim korisnicima. Kako bi se zaštitili podatci korisnika koristi se privremeni TMSI (*Temporary Mobile Subscriber Identity*). Broj koji se nalazi u SIM kartici a odgovara telefonskom broju korisnika se naziva MSISDN (*Mobile Subscriber ISDN Number*). Sastoji se od 15 znamenki koje pokazuju pozivni broj zemlje, mrežnog operatora i korisnika. Broj koji identificira samo pokretni uređaj, a ne i SIM karticu naziva se IMEI (*International Mobile Equipment Identity*).

Postupak koji opisuje autentifikaciju između korisnika i mreže naziva se AKA (*Authentication and Key Agreement*). Sastoji se od mehanizama koji se temelje na zajedničkom ključu koji je pohranjen u SIM kartici terminala i u središtu za provjeru autentičnosti AUC (*Authentication Center*). Zajednički ključ se koristi za zaštitu integriteta ili zaštitu povjerljivosti.

Autentifikacija je proces provjere identiteta, odnosno osobnih podataka tijekom pokušaja spajanja na mrežu. Šalju se šifrirani podatci od klijenta prema serveru kako bi se mogla uspostaviti komunikacija s mrežom. U trenutku kada je korisnik autentificiran pokreće se proces autorizacije.

U sustavima 4. generacije, postoje dodatne sigurnosne nadgradnje. Glavni cilj LTE/SAE mrežnih operatora je reducirati mogućnosti za zloupotrebu mreže, a sustav LTE osigurava povjerljivost i integritet za signalizaciju između UE-a do MME-a. Zaštita povjerljivosti se temelji na šifriranju signalnih poruka i osigurava da se poruka tijekom prijenosa ne promijeni. LTE promet je osiguran korištenjem PDCCP-a (*Packet Data Convergence*) u radijskom sučelju. On u kontrolnoj ravnini osigurava kodiranje i zaštitu integriteta za signalne poruke koje se šalju kroz PDCCP pakete.

5.2.1. Zaštita kartičnih podataka

U cilju zaštite kartičnih podataka potrebno je dokumentirati sve sigurnosne protokole kojima ih se štiti u procesu pohrane, obrade i prijenosa. Prikupljanjem i zadržavanjem minimalne količine podataka potrebne za provedbu transakcije doprinosi se povećanju zaštite. Podatci se ne smiju pohranjivati u nekriptiranom obliku već je shodno tome nužna primjena enkripcijskih protokola i usluga kao što su:

- SSL
- VPN
- IPsec.

Provjera sadržaja kriptiranog mrežnog prometa i detekcija upada kontroliraju se primjenom WAF-om (*Web Application Firewall*) i IDS sustavom. U današnje vrijeme postoji mnogo tehnologija koje napadačima omogućuju zaobilaženje protokola te se iz tog razloga moraju kontrolirati događaji kao što je ažuriranje sustava i detekcija malicioznih aktivnosti. Prije nego što se određeno antivirusno rješenje implementira u sustav mora se provesti i testiranje rješenja na testnim sustavima.

Potrebno je minimizirati broj osoblja koji ima uvid u podatke računa, odnosno ograničiti komponente mrežne arhitekture. Evidentiranjem aktivnosti mogu se detektirati potencijalno sumnjive radnje, odnosno osigurava se sustav od prikazivanja i pohrane kartičnih podataka unutar zapisa i poruka o pogrešci.

Potrebno je formirati popis svih pružatelja usluga i potvrditi njihovu podložnost standardu PCI DSS. Svaki korisnik sustava mora biti u mogućnosti pristupiti sustavu i usluzi u traženom vremenu, te je u svrhu povećanja pouzdanosti i dostupnosti sustava smještenih unutar podatkovnih centara razvijen standard TIA-942. Ovaj standard pokriva lokaciju i izgled podatkovnog centra, kabelsku infrastrukturu, razinu pouzdanosti i okolinu.

5.2.2. Modeli zaštite sustava

Postoje dva osnovna modela a to su:

- *Lollipop* model
- *Defense-in-depth* model.

Lollipop model je najčešći model zaštite sustava poznat kao sigurnost perimetra te podrazumijeva izgradnju virtualnog zida koji okružuje važne objekte. Zaštita perimetra se

ostvaruje vatrozidom (*firewall*) koji nema mogućnost zaustavljanja svih vrsta napada i nedovoljan je ako se koristi samostalno ali je nužan segment sveobuhvatne zaštite sustava.

Znatno bolji model je model slojevite zaštite (*defense-in depth*) koji pruža mehanizme zaštite imovine i nakon narušavanja sigurnosti perimetra. Nasljeđuje osobine prethodno spomenutog modela, ali je nadograđen dodatnim mehanizmima zaštite implementiranim unutar perimetra. Takva arhitektura otežava napadaču pristup imovini jer mora narušiti sigurnost nekoliko mehanizama implementiranih unutar sustava. Pruža višestruke razine zaštite od unutarnjih i vanjskih prijetnji.

6. MODEL NAPLATE CESTARINE POMOĆU LOKACIJE KORISNIKA

Od 1. srpnja 2018. godine Njemačka vlada će uvesti Zakon o proširenju cestarine za teretna vozila na sve magistralne ceste pri čemu se planira poboljšanje financiranja magistralnih cesta i osiguranje moderne, sigurne i učinkovite prometne strukture. Planira se uvođenje automatske naplate cestarine s mobilnim uređajem jer bi se time postigla fleksibilnost i ušteda vremena.

Model podvorbenog sustava koji pruža uslugu naplate cestarine napravljen je u svrhu uspoređivanja učinkovitosti ručne naplate cestarine i naplate cestarine pomoću lokacije korisnika. Kao alat za izradu simulacije korišten je Matlab (Simulink) uz pomoć kojeg je izrađena simulacija naplatne postaje. Simulacija ima za cilj prikazati procjenu uštede pri posluživanju vozila u slučaju izbjegavanja ručne naplate cestarine. Ulazni parametri, broj vozila koja dolaze i trajanje usluživanja pojedinog vozila, promjenjivi su i mogu se samostalno prilagoditi stvarnom stanju. Kao izlaz iz simulacije dobivaju se dijagrami za interesantne veličine, poput broja vozila u redu čekanja. Simulacija se sastoji od različitih blokova uz pomoću kojih se ostvaruju matematičke funkcije. Korišteni matematički operatori su korišteni u poglavlju 6.2.

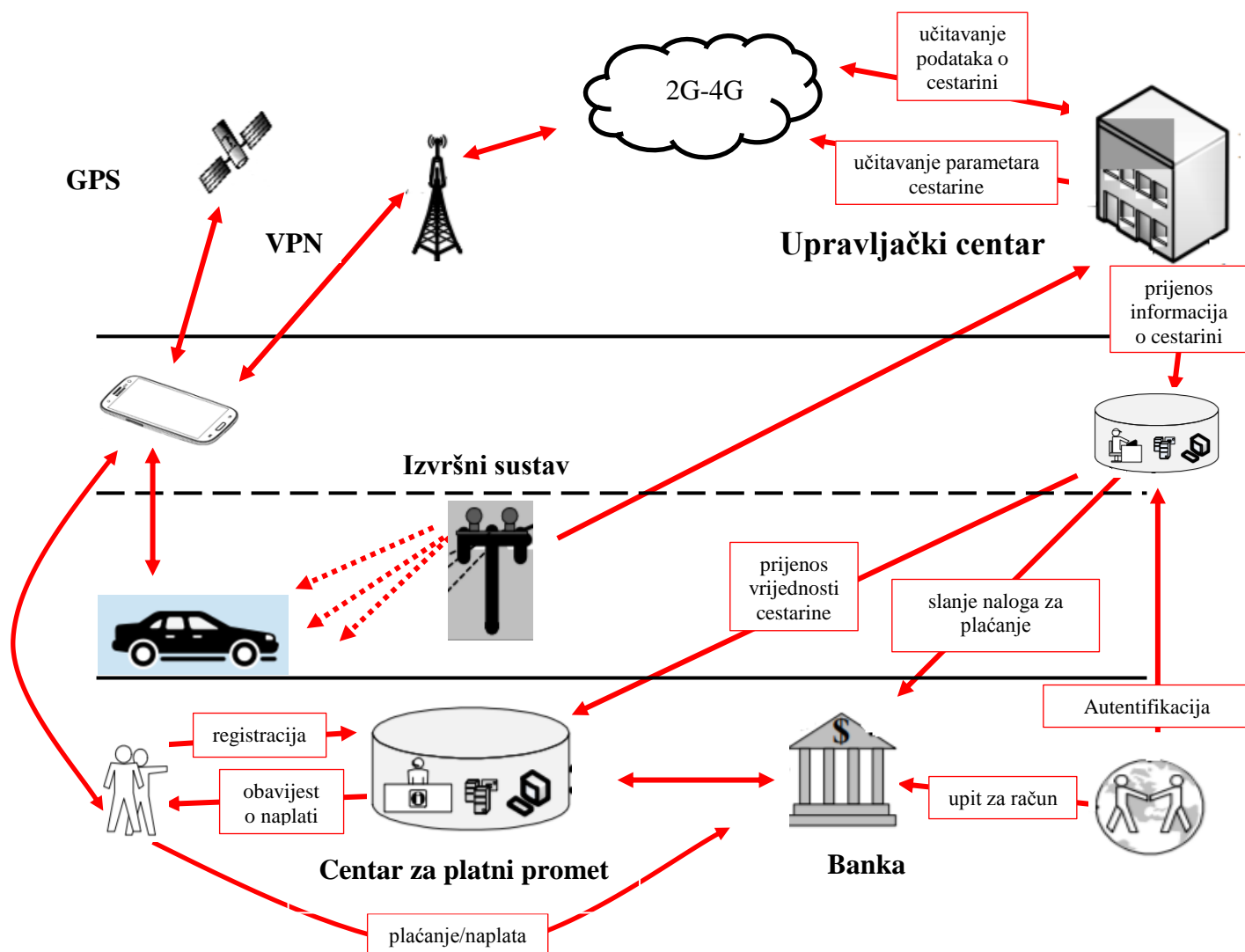
Simulacija je vremenski ovisna i promatrana je za vremenski period od 24 sata. Intenzitet dolazaka vozila predstavlja broj vozila koja pristižu na naplatnu postaju u jednom satu, dok intenzitet usluživanja vozila predstavlja broj vozila koji je naplatna postaja u stanju poslužiti u jednom satu. Ukoliko je intenzitet dolazaka vozila veći od intenziteta usluživanja vozila dolazi do preopterećenja sustava, odnosno stvaraju se redovi čekanja. U obrnutom slučaju promet kroz naplatnu postaju se odvija bez zadržavanja prometa.

S obzirom na to kako je svrha simulacije usporedba dva različita tipa naplate cestarine bitno je utvrditi koja je njihova glavna razlika u intenzitetu posluživanja vozila. Prethodno razrađenom tematikom može se zaključiti kako je vrijeme usluživanja korisnika kod ručne naplate znatno veće nego u slučaju naplate cestarine pomoću lokacije korisnika pa predstavlja i najveći nedostatak te tehnologije. Shodno tome, tijekom simulacije se pretpostavlja kako vrijeme potrebno da se usluži vozilo za vrijeme ručne naplate iznosi oko 35 sekundi u što je uključeno usporenje vozila, zaustavljanje i sam postupak naplate. Procjena vremena potrebnog da se vozilo usluži u sustavu koji koristi lokaciju korisnika iznosi 5 sekundi, što uključuje usporenje vozila i prolazak pored detektora registarske oznake te kroz posebno

dizajniranu silaznu rampu na kojoj je moguće zaustaviti vozilo koje nije platilo cestarinu. Sama naplata se obavlja velikom brzinom pa vrijeme potrebno za provedbu transakcije možemo zanemariti. Samim time, tako definiranim parametrima jednostavno se izračuna kako se ručnom naplatom može poslužiti 100 vozila po satu, a naplatom pomoću lokacije korisnika mnogo više vozila po satu. Važno je naglasiti kako se spomenuti brožčani podatci odnose na jednu naplatnu kućicu jer se tijekom simulacije promatra samo jedna naplatna kućica. Intenzitet dolazaka vozila se promatra za satni promet vozila na izlazu Sveta Helena, izlaz broj 4 dana 12.8.2017.

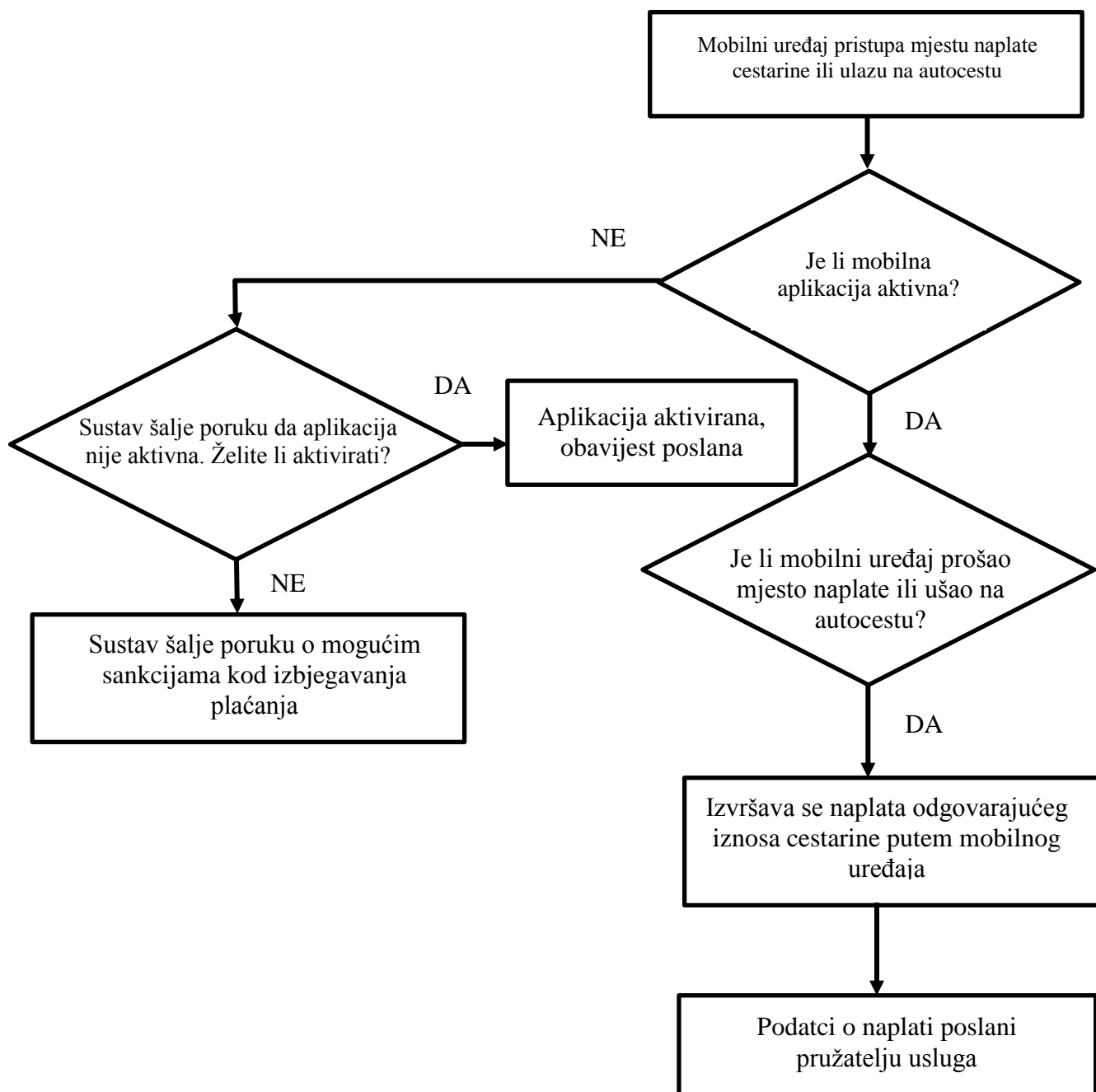
6.1. Prijedlog modela sustava naplate cestarine pomoću lokacije korisnika

Na slici 16 je shematski prikazan model naplate cestarine prema lokaciji korisnika.



Slika 16. Model sustava naplate pomoću lokacije korisnika

Dolaskom vozila na naplatnu postaju, prvotno se obavlja lociranje mobilnog uređaja korisnika. Za evidenciju korisnika potrebno se registrirati u sustav centra za platni promet koji putem banke izvršava naplatu te korisniku šalje obavijest o naplati. To se obavlja uz pomoć mobilne aplikacije. Evidentira se registracija vozila i uzimaju se podatci potrebni za provedbu kartičnog plaćanja. Nalog za plaćanje banci šalje upravljački centar. Na slici 17 je prikazan UML dijagram aplikacijskog okruženja.



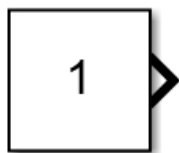
Slika 17. UML dijagram aplikacijskog okruženja

U trenutku kada vozilo prođe kroz naplatnu postaju, očitava se njegova trenutna lokacija i pohranjuje se u upravljački centar, pri izlazu se opet utvrđuje lokacija korisnika te se na temelju toga određuje udaljenost koju je korisnik prešao. Nakon logističkog određivanja, uspostavlja se bežični komunikacijski kanal. Šalje se transakcijska poruka upravljačkom centru pomoću putem mobilne mreže. Nakon provjere upravljačkog centra, cestarina se pohranjuje te se šalju podatci o transakciji.

Simuliran je podvorbeni sustav koji ima znatno kraće vrijeme posluživanja te se može vidjeti njegova superiornost s obzirom na varijabilni dolazni tok vozila u odnosu na klasični sustav naplate koji je sporiji. Simulacijom se želi prikazati usporedba klasičnog (ručnog) modela naplate cestarine i naplate cestarine pomoću lokacije korisnika. Dijagramima je prikazan broj vozila u redu čekanja, opterećenje uslužnost mjesta i vrijeme čekanja u sustavu.

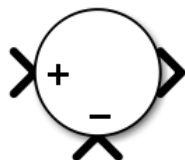
6.2. Matematički operatori korišteni tijekom izrade simulacije

Pri izradi simulacije korišteni su različiti simulacijski blokovi koji su opisani u nastavku. Oni zamjenjuju određene matematičke operacije koje su potrebne. Na slici 18 je prikazana komponenta koja predstavlja konstantu.



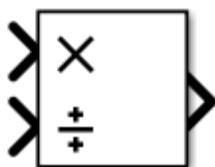
Slika 18. Konstanta

Konstanta je jedna od najjednostavnijih komponenti u Simulinku. U nju se može upisati bilo koji parametar koji se želi držati konstantnim. Izlaz komponente se dalje spaja na određene matematičke operatore ovisno kojoj je svrsi namijenjena konstanta. Na slici 19 je prikazan blok kojim se odvijaju matematičke operacije zbrajanja i oduzimanja.



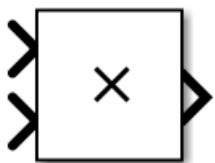
Slika 19. Zbrajanje i oduzimanje

Komponenta na slici 19 radi na principu da se na ulaz '+' povezuje parametar od kojeg se oduzima, dok se na ulaz '-' povezuje parametar koji se oduzima. Unutar komponente moguće je podesiti da oba ulaza budu '+' ili ova '-' ukoliko se dovedeni ulazi trebaju zbrojiti ili oduzeti. Na slici 20 je prikazan blok kojim se odvija matematička operacija dijeljenja.



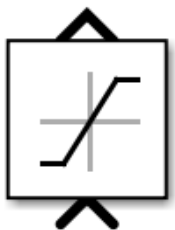
Slika 20. Dijeljenje

Komponenta sa slike 20 radi na principu da se na ulaz 'x' dovodi djeljenik a na ulaz '/' djelitelj, odnosno 'x' predstavlja brojnik a '/' nazivnik. Na slici 21 je prikazan blok kojim se odvija matematička operacija množenja.



Slika 21. Množenje

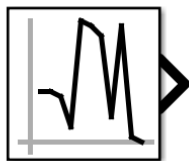
Matematički operator sa slike funkcioniра tako da se na dva ulaza dovedu parametri koji se žele pomnožiti. Na slici 22 je prikazana komponenta koja omogućuje limitiranje funkcija (*Saturation*).



Slika 22. Komponenta za limitiranje iznosa

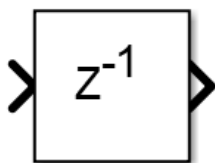
Uz pomoć komponente sa slike 22 definiraju se željeni intervali unutar kojeg se želi održati kretanje funkcije. Definiraju se minimum i maksimum, te u slučaju ako na ulaz dođe vrijednost koja je manja od minimuma, komponenta automatski na izlazu prebacuje na vrijednost koja je definirana kao minimum. Ako na ulaz dođe veličina koja je veća od

maksimuma, komponenta automatski na izlazu prebacuje na vrijednost koja je definirana kao maksimum. Na slici 23 je prikazan je blok koji omogućuje postavljanje varijabilnog ulaza.



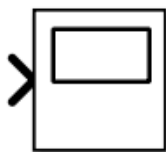
Slika 23. Blok za postavljanje varijabilnog ulaznog broja vozila

Ta komponenta omogućuje varijabilan ulaz tako da se postavi neka željena vrijednost i varijacija te se definira vremenski interval promjene. Nakon svakog definiranog vremenskog intervala zadana vrijednost oscilira za određenu varijaciju. Primjerice, ova komponenta služi kako bi se postavio varijabilni intenzitet dolazaka vozila u vremenu. Na slici 24 je prikazan *Delay*, odnosno kašnjenje, kojim se postiže pravovremeno zbrajanje u povratnoj vezi s novim ulaznim podacima.



Slika 24. *Delay*

Na slici 25 je prikazana komponenta (*Scope*) koja konstruira dijagram vrijednosti funkcije u nekoj točki.



Slika 25. *Scope*

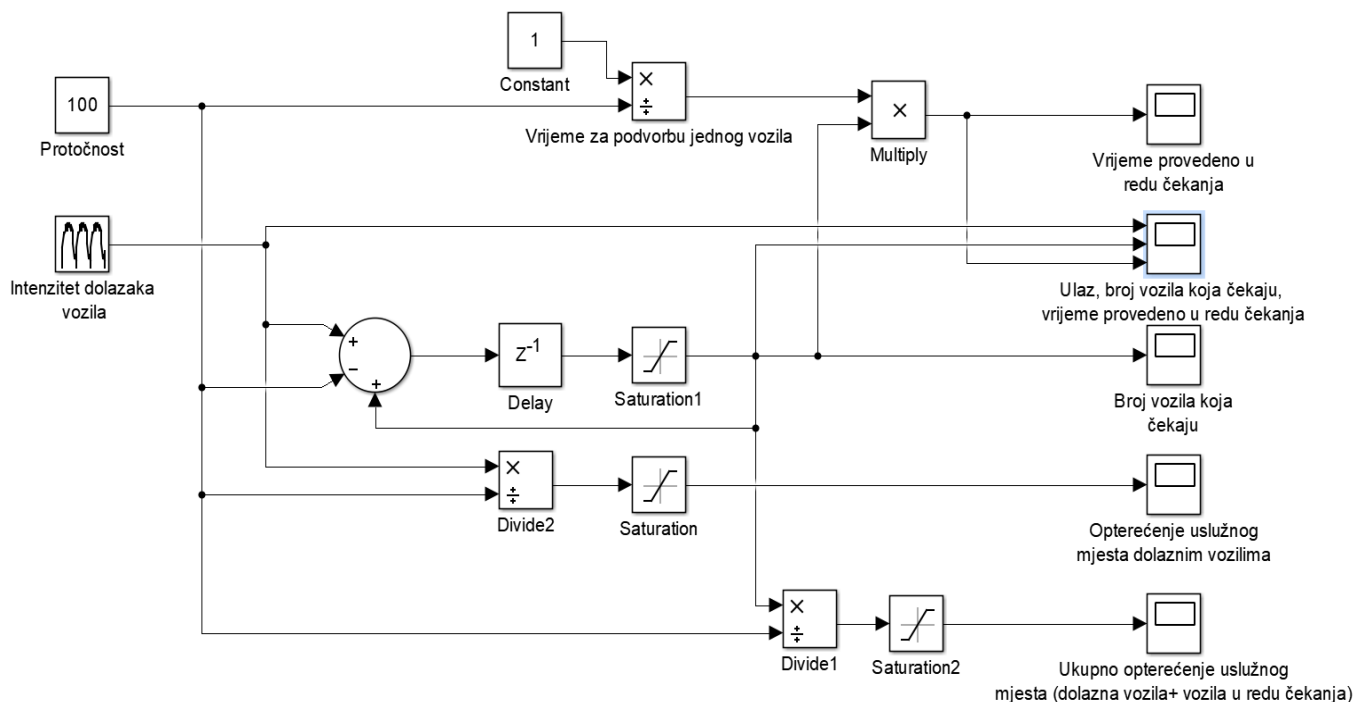
6.3. Simulacija naplatne postaje u Simulinku

Kao ulazni podatci tijekom simulacije naplatne postaje korišteni su podatci iz sustava naplate cestarine o broju vozila za naplatne postaje na autocesti A4 Goričan-Zagreb dobiveni od strane HAC-a. U tablici 1 je prikazan satni promet po skupinama vozila u periodu 12.08.2017. od 00:00:00 do 23:59:59 sata na izlazu Sveta Helena, izlaz broj 4.

Tablica 1. Satni promet po skupinama vozila na izlazu Sveta Helena na autocesti A4 Goričan-Zagreb

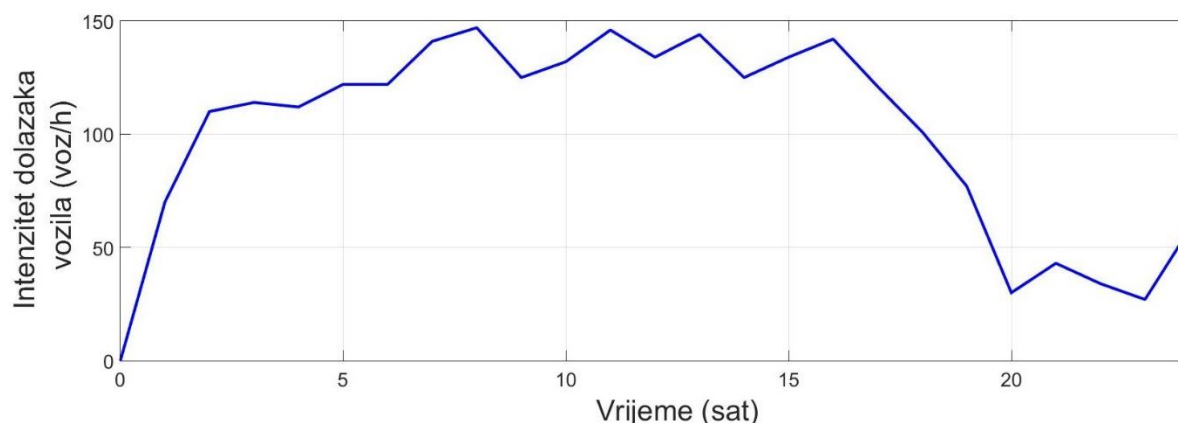
Početak	S1	S1A	S2	S3	S4	Ukupno	%
12.8.2017 00:00:00	57	1	10	2	0	70	2,79
12.8.2017 01:00:00	105	0	3	2	0	110	4,38
12.8.2017 02:00:00	105	0	8	1	0	114	4,54
12.8.2017 03:00:00	107	0	4	1	0	112	4,46
12.8.2017 04:00:00	115	0	7	0	0	122	4,86
12.8.2017 05:00:00	117	0	5	0	0	122	4,86
12.8.2017 06:00:00	138	0	2	1	0	141	5,62
12.8.2017 07:00:00	142	0	5	0	0	147	5,85
12.8.2017 08:00:00	119	1	5	0	0	125	4,98
12.8.2017 09:00:00	130	0	2	0	0	132	5,26
12.8.2017 10:00:00	137	0	9	0	0	146	5,81
12.8.2017 11:00:00	128	2	3	1	0	134	5,34
12.8.2017 12:00:00	136	1	6	1	0	144	5,73
12.8.2017 13:00:00	118	3	4	0	0	125	4,98
12.8.2017 14:00:00	125	0	7	1	1	134	5,34
12.8.2017 15:00:00	133	2	7	0	0	142	5,66
12.8.2017 16:00:00	117	0	3	1	0	121	4,82
12.8.2017 17:00:00	97	0	4	0	0	101	4,02
12.8.2017 18:00:00	71	1	3	0	2	77	3,07
12.8.2017 19:00:00	28	1	1	0	0	30	1,19
12.8.2017 20:00:00	36	1	6	0	0	43	1,71
12.8.2017 21:00:00	31	0	2	1	0	34	1,35
12.8.2017 22:00:00	24	0	2	1	0	27	1,08
12.8.2017 23:00:00	48	0	9	1	0	58	2,31
Ukupno	2.364	13	117	14	3	2.511	
%	94,15	0,52	4,66	0,56	0,12		100,00

Shema podvorbenog sustava je prikazana na slici 26 i sastoji se od elemenata prethodno opisanih u poglavlju 6.2. Za intenzitet dolazaka vozila su korišteni podatci sa slike 26. U operator „*repeating sequence*“, odnosno blok za postavljanje varijabilnog ulaznog broja vozila, uneseni su podatci sa slike za svaki sat, te se na temelju toga dobivaju rezultati o broju vozila u redu čekanja, vremenu čekanja i opterećenju uslužnog mjesta. Pretpostavljeno je kako jedna naplatna kućica može uslužiti 100 vozila po satu. Vrijeme simulacije iznosi 24 sata.

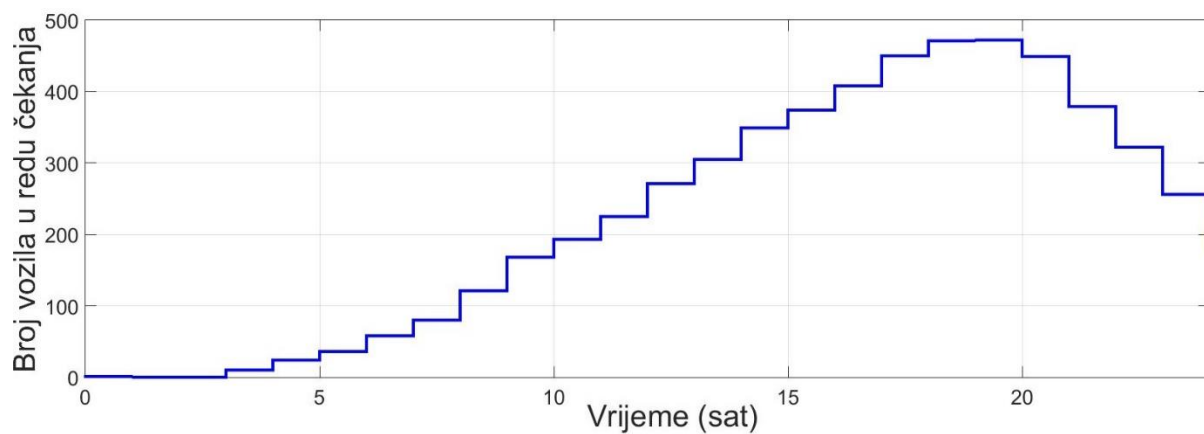


Slika 26. Shema podvorbenog sustava koji predstavlja naplatnu postaju

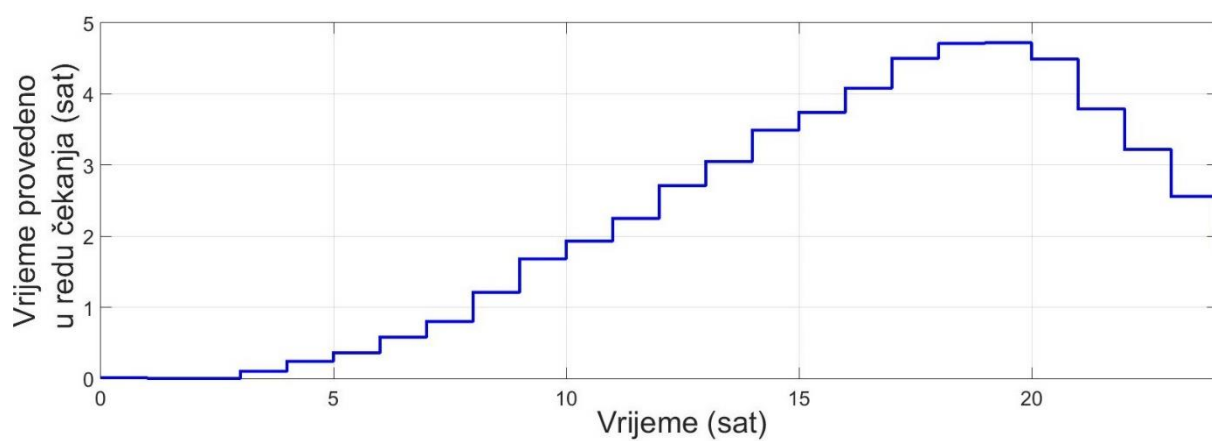
Na slici 26 je prikazana shema sustava koji prikazuje kretanje vozila kroz naplatnu postaju te opterećenje uslužnog mjesta ovisno o intenzitetu dolazaka. Shema je dobivena u programskom alatu Simulink (Matlab). Dijagrami na slikama 27-31 pokazuju spomenuta tri izlazna parametra i jedan ulazni parametar (intenzitet).



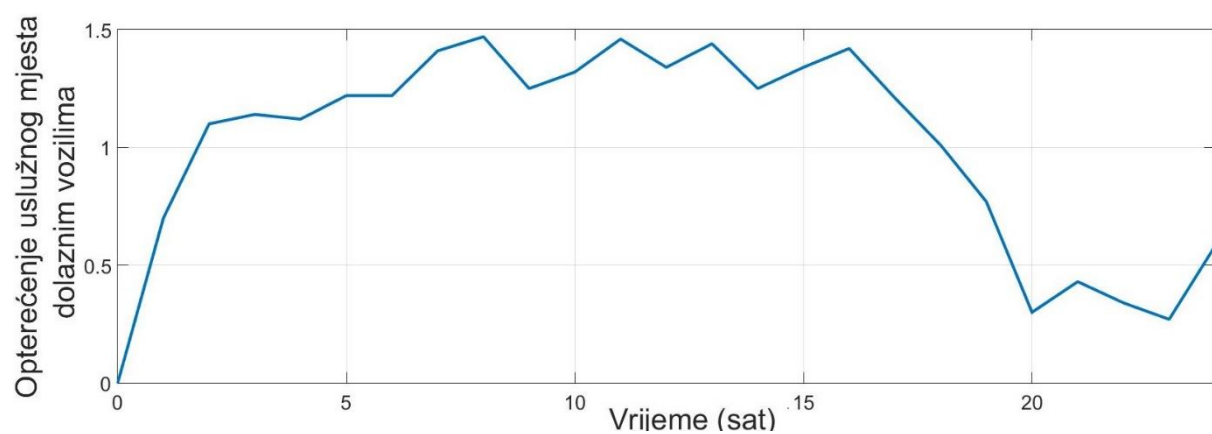
Slika 27. Intenzitet dolazaka vozila



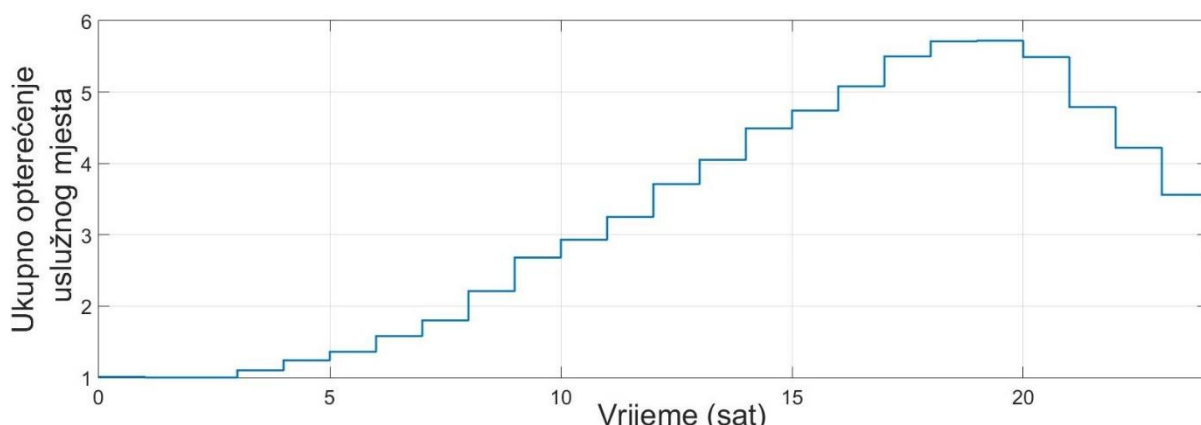
Slika 28. Broj vozila u redu čekanja



Slika 29. Vrijeme provedeno u redu čekanja



Slika 30. Opterećenje uslužnog mjesta



Slika 31. Ukupno opterećenje

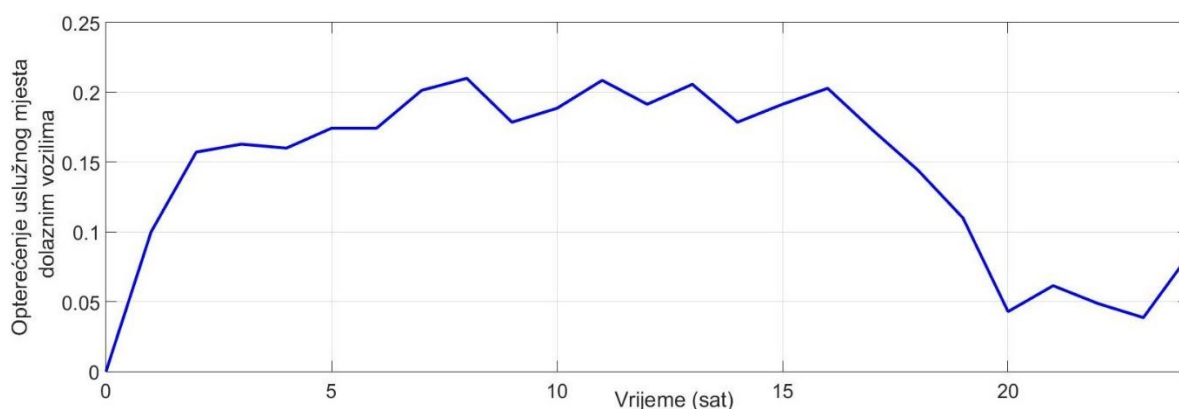
Dijagram sa slike 27 prikazuje intenzitet dolazaka vozila a predstavlja stvarne vrijednosti dolazaka vozila na naplatnu postaju Sveta Helena. Vidljivo je kako u ovom slučaju naplatna postaja nije konstantno preopterećena s obzirom kako je u nekim trenucima broj nadolazećih vozila manji broja vozila koja se mogu poslužiti (100). Ova tvrdnja se može uočiti i na dijagramu sa slike 30. Slika 29 prikazuje vrijeme provedeno u redu čekanja te je vidljivo kako ono ukupno iznosi i do 5 sati. Sa slike 28 se vidi kako u danu oko 500 vozila provede u redu čekanja. U trenucima kada nema preopterećenja iz dijagrama je vidljivo kada nema ni daljnjeg stvaranja gužve, odnosno povećanja broja vozila u redu čekanja. U tablici 1 su prikazani dobiveni parametri za različite intenzitete dolazaka vozila po satu uz konstantan intenzitet usluživanja od 100 vozila po satu.

Tablica 2. Broj vozila u redu čekanja

Intenzitet dolazaka vozila po satu	Broj vozila u redu čekanja na kraju dana
80	0
90	0
100	0
110	240
120	480
130	720
140	960

Usporedba ručne naplate sa slučajem naplate cestarine pomoću lokacije korisnika nisu dijagramski i shematski prikazani iz razloga što tijekom naplate cestarine pomoću lokacije

korisnika nema vozila u redu čekanja. Ako se uzme vrijeme usluživanja od 5 sekundi po jednom vozilu, to je ukupno 720 vozila po satu što znači da 150 nadolazećih vozila ne predstavlja nikakav problem za naplatu cestarine putem lokacije korisnika. Dobiveni rezultati ručne naplate sami po sebi predstavljaju usporedbu u odnosu na naplatu pomoću lokacije korisnika jer ako broj vozila u redu čekanja na kraju dana iznosi 400 vozila, onda to znači da je 400 vozila više u redu nego što bi bio slučaj kod naplate pomoću lokacije korisnika. Nedostatak ENC-a u odnosu na ovaj način naplate je u tome što je ENC samo dodatak ručnoj naplati i nije nezavisan. Prikazan je jedino dijagram opterećenja uslužnog mjesta dolaznim vozilima za slučaj kada bi sustav mogao uslužiti više vozila nego u slučaju klasične naplate što je i slučaj kod naplate cestarine pomoću lokacije korisnika. Na slici 32 je prikazan dijagram opterećenja.



Slika 32. Opterećenje uslužnog mjesta dolaznim vozilima u slučaju naplate cestarine pomoću lokacije korisnika

7. ZAKLJUČAK

Razvojem usluga temeljenih na lokaciji korisnika i njihovom prisutnošću u svijetu, razvijaju se informacijsko komunikacijske tehnologije koje takve usluge s kvalitetnom programskom podrškom čine jednim od usluga koje mogu donijeti znatna poboljšanja u sustavima naplate cestarine. Takav tip naplate cestarine omogućava jednostavnu prilagodbu i poboljšanje metode distribucije kroz suradnju s operaterima mobilnih komunikacijskih sustava.

Primjenom naplate cestarine pomoću lokacije korisnika smanjuje se vrijeme provedeno u redu čekanja te se povećava protočnost autoceste pod uvjetom da je dio zadužen za naplatu i kontrolu prometa izveden na način koji minimizira usporenje vozila prilikom izlaska s autoceste. Potrebna su ulaganja u infrastrukturu koja bi omogućila provedbu ovakve vrste naplate. Usporedba opterećenja uslužnog mjesta kod ručne naplate sa slučajem naplate cestarine pomoću lokacije korisnika pokazuje da je mjesto opterećeno tek dijelom kapaciteta u odnosu na opterećenje pri ručnoj naplati, što jasno pokazuje superiornost ovakvog sustava s obzirom na stvaranje prometnih zastoja.

Prednost predloženog sustava u odnosu na ENC je u tome što nema potrebe za dodatnim uređajem u vozilu već je dovoljan samo mobilni uređaj na kojem se nalazi aplikacija koja omogućuje i lociranje vozila i obavljanje kartične transakcije. Isto tako, s obzirom na to da nema dodatnog uređaja, nema potrebe ni za dodatnim nadopunjavanjem uređaja novčanim sredstvima, odnosno izravne novčane interakcije s pružateljem usluga. Mana ovakvog sustava je u tome što se mobilni uređaj može isključiti ili signal GPS-a može biti ometan. Nenamjerni propusti korisnika djelomično se mogu izbjeći prijenosnim punjačem u vozilu koji daje sigurnost kako se mobilni uređaj ni u jednom trenutku neće isključiti. U slučaju namjernog pokušaja neplaćanja, osiguranje se može provesti dodatnim kontrolnim mehanizmom koji će u tom slučaju očitati registracijske oznake vozila i automatski pozvati policiju na intervenciju, dok se vozilo može zaustaviti i posebno dizajniranim izlazom.

LITERATURA

- [1] Bošnjak, I., (2006.), Inteligentni transportni sustavi I, Fakultet prometnih znanosti, Sveučilište u Zagrebu, Zagreb.
- [2] Schiller, J., Voisard A., (2004. – 2016.), Location-Based Services (The Morgan Kaufmann Series in Data Management Systems), USA.
- [3] Ćurković K., (2013.), Primjena inteligentnih transportnih sustava u cestovnom prometu, diplomski rad, Pomorski fakultet, Rijeka.
- [4] <http://geoawesomeness.com/knowledge-base/location-based-services/location-based-services-components/>, 2.8.2017.
- [5] https://rightdealrightnow.files.wordpress.com/2010/08/clip_image008.gif, 2.8.2017.
- [6] Abdalla R., Introduction to Geospatial Information and Communication Technology (GeoICT), Springer, 2016.
- [7] Pontikakos C., Glezakos T. i Tsiligiridis T., Location-based services: architecture overview, Informatics Laboratory Agricultural University of Athens, 2014.
- [8] Župan R., Frangeš S., Mobilna kartografija, *Ekscentar*, br. 10, str. 102-107.
- [9] Bosilj N., (2007.), Potencijali lokacijskih servisa zasnovanih na tehnologiji mobilnih komunikacija, magistarski rad, Fakultet organizacije i informatike Sveučilišta u Zagrebu.
- [10] Penttinen, Jyrki T. J., (2012.), The LTE/SAE Deployment Handbook, Wiley, UK.
- [11] Sugja-Jovetić I., (2016.), Pogodnosti korištenja usluga temeljenih na lokaciji primjenom satelitskog sustava Galileo, diplomski rad, Zagreb.
- [12] https://en.wikipedia.org/wiki/Map_matching#/media/File:Map_Matching_Example_with_GraphHopper.png, 5.8.2017.
- [13] https://ec.europa.eu/transport/themes/its/road/action_plan/ecall_en, 5.8.2017.
- [14] <http://bgr.com/2017/02/13/iphone-8-specs-augmented-reality-features/>, 5.8.2017.

- [15] European Parliament, (2014.), Europski elektronički sustav naplate cestarine, *Glavna uprava za unutarnju politiku*.
- [16] Grubišić A., (2016.), Usporedba mogućih modela naplate cestarine vinjetama u Republici Hrvatskoj, diplomski rad, Zagreb.
- [17] Pučar, J., (2015.), Sigurnost cestovnog prometa u ovisnosti o organizaciji naplate, završni rad, Zagreb.
- [18] Popovich V., Schrenk M., Korolenko V., (2007), Information Fusion and Geographic Information System, *Proceedings of the Third International Workshop*, Springer.

POPIS SLIKA

Slika 1. Temeljna značenja termina ITS [1]	4
Slika 2. Komponente usluga temeljenih na lokaciji korisnika (LBS) [5]	7
Slika 3. Arhitektura klijent korisnik server [7]	8
Slika 4. Arhitektura mobilne mreže druge generacije [9]	9
Slika 5. Kategorija LBS aplikacija [11]	13
Slika 6. <i>Map Matching</i> [12]	14
Slika 7. Princip rada eCall-a [13]	16
Slika 8. Mobilna aplikacija sa proširenom stvarnošću [14]	17
Slika 9. Lanac vrijednosti LBS usluga [18]	20
Slika 10. Princip rada <i>Assisted GPS</i> -a [9]	32
Slika 11. Naplatna postaja Lučko [16]	35
Slika 12. ENC uređaj [14]	37
Slika 13. Vinjeta	38
Slika 14. Sustav naplate vinjetama	38
Slika 15. Struktura TCP modela	42
Slika 16. Model sustava naplate pomoću lokacije korisnika	48
Slika 17. UML dijagram aplikacijskog okruženja	49
Slika 18. Konstanta	50
Slika 19. Zbrajanje i oduzimanje	50
Slika 20. Dijeljenje	51
Slika 21. Množenje	51
Slika 22. Komponenta za limitiranje iznosa	51
Slika 23. Blok za postavljanje varijabilnog ulaznog broja vozila	52
Slika 24. <i>Delay</i>	52
Slika 25. <i>Scope</i>	52
Slika 26. Shema podvorbenog sustava koji predstavlja naplatnu postaju	54
Slika 27. Intenzitet dolazaka vozila	54
Slika 28. Broj vozila u redu čekanja	55
Slika 29. Vrijeme provedeno u redu čekanja	55
Slika 30. Opterećenje uslužnog mjesta	55
Slika 31. Ukupno opterećenje	56
Slika 32. Opterećenje uslužnog mjesta dolaznim vozilima u slučaju naplate cestarine pomoću lokacije korisnika	57

POPIS TABLICA

Tablica 1. Satni promet po skupinama vozila na izlazu Sveta Helena na autocesti A4 Goričan-Zagreb	53
Tablica 2. Broj vozila u redu čekanja.....	56

POPIS KRATICA

3GPP	<i>Third Generation Partnership Program</i>
A-GPS	<i>Assisted GPS</i>
AKA	<i>Authentication and Key Agreement</i>
AOA	<i>Angle of Arrival</i>
AR	<i>Augmented Reality</i>
AUC	<i>Authentication Center</i>
BSC	<i>Base Station Controller</i>
BTS	<i>Base Transceiver Station</i>
CM	<i>Certificate Management</i>
CP	<i>Control Plane</i>
DS-CDMA	<i>Direct Sequence-Code Division Multiple Access</i>
EPC	<i>Evolved Packet Core</i>
EPS	<i>Evolved Packet System</i>
EOTD	<i>Enhanced Observed Time Difference</i>
E-UTRAN	<i>Evolved UMTS Terrestrial Access Network</i>
FLT	<i>Forward Link Trilateration</i>
GIS	<i>Global Information System</i>
GMLC	<i>Gateway Mobile Location Centre</i>
GPS	<i>Global Position System</i>
GSM	<i>Global System for Mobile communication</i>
HLR	<i>Home Location Register</i>
HSS	<i>Home Subscriber Server</i>
ID	<i>Identification</i>
IMEI	<i>International Mobile Equipment Identity</i>
IPsec	<i>Internet Protocol Security</i>
ITS	<i>Intelligent Transport System</i>
J2ME	<i>Java 2 Micro Edition</i>
LBC	<i>Location Based Charging</i>
LBS	<i>Location Based Services</i>
LTE	<i>Long Term Evolution</i>
MLP	<i>Mobile Location Protocol</i>

MME	<i>Mobility Management Entity</i>
MMS	<i>Multimedia Messaging Service</i>
MS	<i>Mobile Station</i>
MSC	<i>Mobile Switching Center</i>
MSISDN	<i>Mobile Subscriber ISDN Number</i>
NAVTEX	<i>Navigational Telex</i>
NFC	<i>Near Field Commutation</i>
NSS	<i>Network and Switching Subsystem</i>
OAM	<i>Operations, Administration, Maintance</i>
OFDM	<i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i>
OGC	<i>Open Geospatial Consortium</i>
OMA	<i>Open Mobile Alliance</i>
OSS	<i>Operating Subsystem</i>
OTD	<i>Observed Time Difference</i>
PCRF	<i>Policy Charging and Rules Function</i>
PDCP	<i>Packet Data Convergence</i>
PDN-GW	<i>Packet Data Network Gateway</i>
PKI	<i>Public Key Infrastructure</i>
RF	<i>Radio Frequency</i>
RFID	<i>Radio Frequency Identification</i>
RSS	<i>Radio Subsystem</i>
SAE	<i>System Architecture Evolution</i>
SDR	<i>Software Defined Radio</i>
S-GW	<i>Serving Gateway</i>
SMS	<i>Short Message Service</i>
TCP	<i>Transmission Control Protocol</i>
TDMA	<i>Time Division Multiple Access</i>
TDOA	<i>Time Difference of Arrival</i>
TMSI	<i>Temporary Mobile Subscriber Identity</i>
TOA	<i>Time of Arrival</i>
ToP	<i>Timing over Packer</i>
UDP	<i>User Datagram Protocol</i>
UHF	<i>Ultra High Frequency</i>



Sveučilište u Zagrebu
Fakultet prometnih znanosti
10000 Zagreb
Vukelićeva 4

IZJAVA O AKADEMSKOJ ČESTITOSTI I SUGLASNOST

Izjavljujem i svojim potpisom potvrđujem kako je ovaj _____ diplomski rad
isključivo rezultat mog vlastitog rada koji se temelji na mojim istraživanjima i oslanja se na
objavljenu literaturu što pokazuju korištene bilješke i bibliografija.

Izjavljujem kako nijedan dio rada nije napisan na nedozvoljen način, niti je prepisan iz
necitiranog rada, te nijedan dio rada ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem također, kako nijedan dio rada nije iskorišten za bilo koji drugi rad u bilo kojoj drugoj
visokoškolskoj, znanstvenoj ili obrazovnoj ustanovi.

Svojim potpisom potvrđujem i dajem suglasnost za javnu objavu _____ diplomskog rada
pod naslovom **Primjena modela naplate cestarine pomoću lokacije korisnika**

na internetskim stranicama i repozitoriju Fakulteta prometnih znanosti, Digitalnom akademskom
repozitoriju (DAR) pri Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici u Zagrebu.

U Zagrebu, 23.4.2018. _____

Student:

Luka Ostrolić

(potpis)